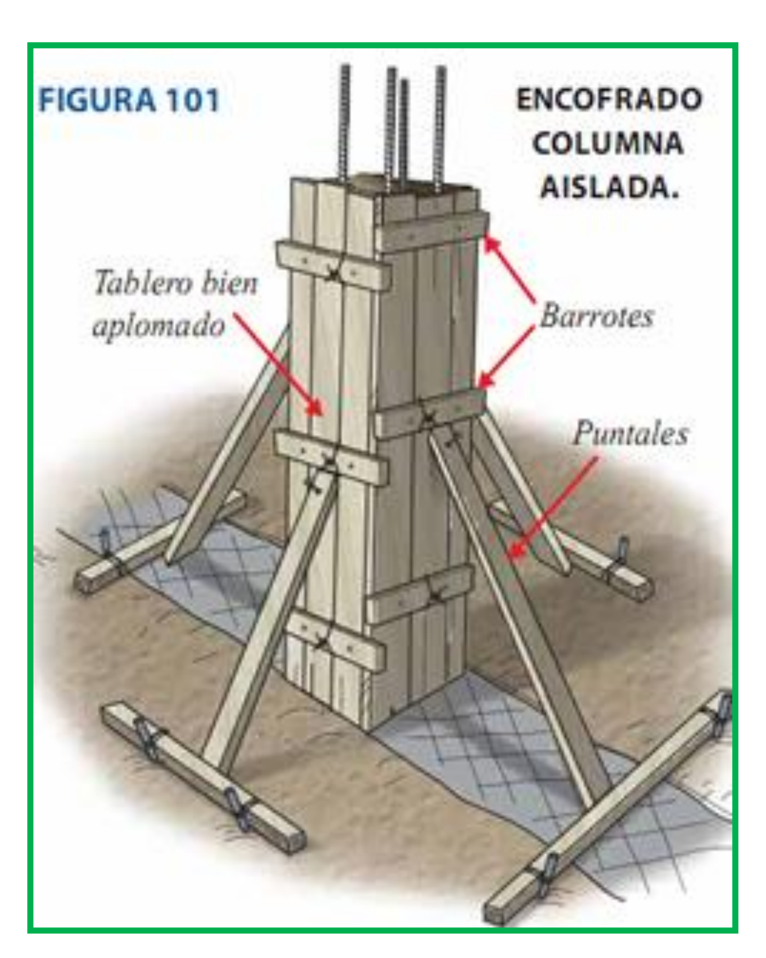
ENCOFRADO

I. DEFINICIÓN

- ✓ Un encofrado es el sistema de moldes temporales o permanentes que se utilizan para dar forma al concreto antes de fraguar.
- ✓ Revestimiento de madera que se coloca en galerías de obras subterráneas para impedir que se derrumben.
- ✓ Se denomina encofrado al elemento destinado al moldeo in situ de hormigones y morteros. Puede ser recuperable o perdido, entendiéndose por esto último el que queda englobado dentro del hormigón.
- ✓ Pueden estar hechos con madera o metal u otros materiales, se utilizan a fin de contener el hormigón vertido y darle la forma hasta que se haya endurecido o fraguado.
- ✓ Posee como función primera dar al hormigón la forma proyectada, proveer su estabilidad como hormigón fresco, asegurar la protección y la correcta colocación de las armaduras, pero también proteger al hormigón de golpes, de la influencia de las temperaturas externas y de la perdida de agua, el ingrediente más fluido de los tres elementos que lo componen –cemento, áridos y agua- en el momento de su creación.



Encofrado de una columna

II. CARÁCTERÍSTICAS REQUERIDAS

La construcción de los diversos componentes de las estructuras de concreto armado - columnas, muros, vigas, techos, etc. - requiere de encofrados, los mismos que, a modo de moldes, permiten obtener las formas y medidas que indiquen los respectivos planos.

Sin embargo, los encofrados no deben ser considerados como simples moldes. En realidad, son estructuras; por lo tanto, sujetas a diversos tipos de cargas y acciones que, generalmente, alcanzan significativas magnitudes.

Son tres las condiciones básicas a tenerse en cuenta en el diseño y la construcción de encofrados:

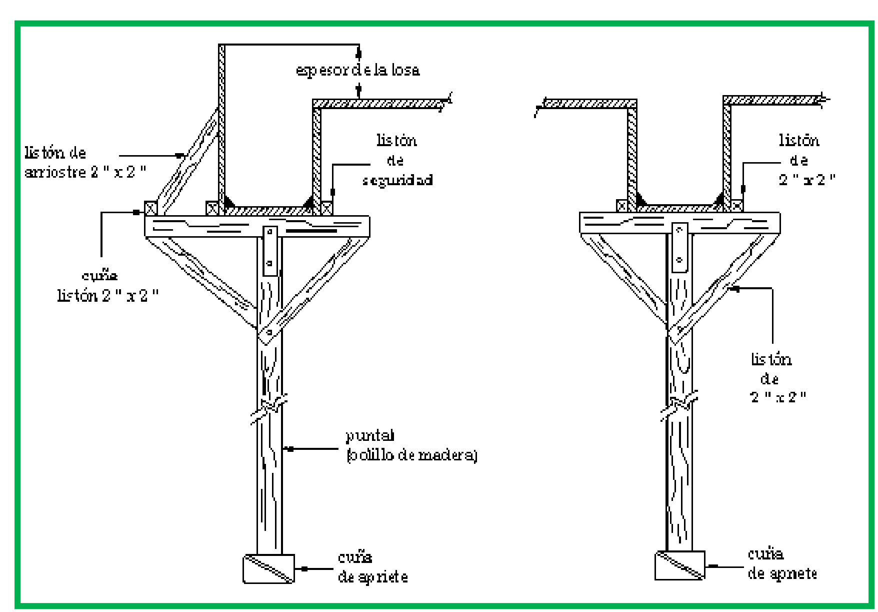
- ✓ Seguridad
- ✓ Precisión en las medidas
- ✓ Economía

De estas tres exigencias la más importante es la seguridad, puesto que la mayor parte de los accidentes en obra son ocasionados por falla de los encofrados.

Principalmente las fallas se producen por no considerar la real magnitud de las cargas a que están sujetos los encofrados y la forma cómo actúan sobre los mismos; asimismo, por el empleo de madera en mal estado o de secciones o escuadrías insuficientes y, desde luego, a procedimientos constructivos inadecuados.

La calidad de los encofrados también está relacionada con la precisión de las medidas, con los alineamientos y el aplomado, así como con el acabado de las superficies de concreto.

Finalmente, debe tenerse en cuenta la preponderancia que, en la estructura de los costos de las construcciones, tiene la partida de encofrados. El buen juicio en la selección de los materiales, la planificación del reúso de los mismos y su preservación, contribuyen notablemente en la reducción de los costos de construcción.



Encofrado de una viga

III. MATERIALES. CONCEPCION. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

1. MATERIALES

➢ *Encofrado de Madera*

Debido a sus ventajosas propiedades, la madera es el material que frecuentemente se emplea en encofrados. Su bajo peso en relación a su resistencia, la facilidad para trabajarla, su ductilidad y su textura, la hacen aparente para su uso en encofrados.

Los encofrados pueden construirse exclusivamente con madera y también combinándola con equipos metálicos estándar, por ejemplo, con puntales y/o viguetas extensibles.

Las especies de madera comúnmente empleadas en encofrados son: el tornillo, el pino, la moena, el eucalipto y el "roble", encomillado éste en razón de que bajo esta denominación se expenden en el mercado diversas especies no clasificadas.

Las especies de madera tornillo y moena poseen resistencias que las hacen aptas para su uso en estructuras de madera y, desde luego, en encofrados; no obstante, es exigible que la madera no presente notorios defectos que puedan afectar su resistencia y el acabado de las superficies de concreto, tales como: alabeos, arqueaduras, grietas, rajaduras, exceso de nudos huecos. Algunos de estos defectos son originados por inapropiado almacenaje en la obra y/o inadecuada preservación.



Encofrado de madera

FICHA TÉCNICA DE LA MADERA DE TORNILLO

Nombre científico: *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

Nombres comunes: Tornillo, tornillo rosado, huayracaspi (PE). Cedro-rana, iacaiaca (BR). Don-cedar (SU). Guaura, cachicana (VE).

Propiedades organolépticas:

Color	El duramen (parte central) es de color rojizo claro, mientras que el color de la albura (parte externa) tiende al rosado.
Brillo	Medio.
Grano	Entrecruzado.
Textura	Gruesa.
Veteado	No muy diferenciado, tres anillos por cada 2.5 cm de radio aproximadamente.
Olor	Distintivo, no debe olerse el polvillo durante el aserrado por ser urticante.

Características generales según la manipulación y uso de la madera:

Dureza	Madera con buena dureza.
Secado	De muy buen secado artificial y natural.
Resistencia	Madera con resistencia media.
Trabajabilidad	De buena trabajabilidad, fácil de aserrar.
Durabilidad	Posee una alta durabilidad natural, sin embargo la albura es susceptible al ataque biológico y debe ser preservada, el duramen en cambio no necesita preservación.
Usos	Fabricación de mobiliarios, en estructuras de viviendas (vigas, columnas, etc.), pisos y carpintería en general.

Propiedades físicas:

Densidad básica	0.45 g/cm^3 - 0.7 g/cm^3
Contracción volumétrica	10.65 % - 11%
Relación T/R	1.64 - 2.2
Contracción tangencial	6.90% - 7.00%
Contracción radial	3.17 %

Propiedades mecánicas:

Módulo de elasticidad de flexión	108 t/cm^2 - 125 t/cm^2
Módulo de ruptura en flexión	576 kg/cm^2 - 722 kg/cm^2
Comprensión paralela	222 kg/cm^2 - 413 kg/cm^2
Comprensión perpendicular	57 kg/cm^2 - 66 kg/cm^2
Corte paralelo a las fibras	81 kg/cm^2 - 87 kg/cm^2
Dureza de lados	364 kg/cm^2 - 388 kg/cm^2
Tenacidad	2.88 kg-m

Características de la troza:

Diámetro	1 m
Forma	Cilíndrica.
Defectos	Ninguno.
Conservación	Se recomienda mantener las trozas en patios húmedos.

FICHA TÉCNICA DE LA MADERA DE PINO

Nombre científico: *Pinus radiata* D. Don.

Nombres comunes: Pino candelabro, pino insigne, pino de Monterrey, pino de California.

Propiedades organolépticas:

Color	De albura blanco-amarillenta con transición gradual a duramen amarillo, aumentando su intensidad al pardo amarillento o pardo marrón.
Brillo	Medio.
Grano	Recto.
Textura	Fina.
Veteado	Suave, con líneas longitudinales oscuras.
Olor	Característico olor a resina.

Características generales según la manipulación y uso de la madera:

Dureza	Madera semidura.
Secado	De buen secado al aire libre y de fácil secado artificial, presenta deformaciones leves.
Resistencia	Media, especial para estructuras.
Trabajabilidad	Fácil, pero suele presentar defectos muy leves en el cepillado y moldurado debido a los nudos, posee buenas aptitudes para el encolado.
Durabilidad	Madera poco durable, no resiste el ataque de hongos e insectos. De duramen no impregnable y de albura poco impregnable, posee una vida útil inferior a los cinco años y una duración en uso exterior de un año.
Usos	Ebanistería, muebles y contrachapados, tableros de partículas y fibras, pisos, molduras, vigas, papel y otros.
Preservación	De preservación obligatoria y fácil mediante vacío-presión o inmersión, las trozas deben aserrarse rápidamente para evitar el azulado por hongos.

Propiedades físicas:

Densidad	**Básica**	**Anhidra**	**Seco al aire**	**Verde**
	0.39 g/cm³	0.45 g/cm³	0.48 g/cm³	1.04 g/cm³
Contracción normal	**Radial**	**Tangencial**	**Volumétrica**	**Relación T/R**
	3.0%	5.2%	8.2%	1.73%
Contracción total	4.6%	7.7%	12.3%	1.67%

Propiedades mecánicas:

Propiedades mecánicas			**Contenido de humedad (CH%)**	
			Verde +30%	**Seco al aire 12%**
Flexión estática		ELP	314 kg/cm²	555 kg/cm²
		MOR	465 kg/cm²	793 kg/cm²
		MOE	72.6 t/cm²	110.2 t/cm²
Compresión	**Paralela**	ELP	167 kg/cm²	299 kg/cm²
		MOR	208 kg/cm²	434 kg/cm²
		MOE	83.2 t/cm²	107.8 t/cm²
	Perpendicular	ELP	44 kg/cm²	74 kg/cm²
		MOR	74 kg/cm²	136 kg/cm²
Dureza janka		Lados	240 kg	348 kg
		Extremos	257 kg	472 kg
Extracción de clavos		Lados	79 kg	76 kg
		Extremos	48 kg	54 kg
Módulo de cizalladura		Tangencial	71 kg/cm²	88 kg/cm²
		Radial	64 kg/cm²	81 kg/cm²
Tenacidad		Radial	2.74 kg-m	1.58 kg-m

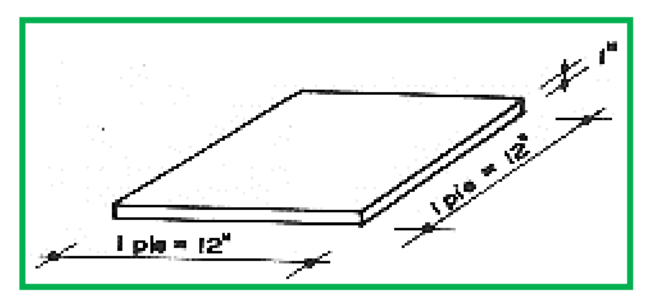
Donde:

MOE: módulo de elasticidad; MOR: módulo de rotura, ELP: esfuerzo en el límite proporcional.

Diferencia entre el Tornillo y el pino:

- La madera de tornillo es una madera de densidad media, lo que hace fácil su trabajabilidad, especial para mobiliarios. Posee además una resistencia mecánica media.
- El duramen de la madera de tornillo es resistente a los hongos e insectos, especie de alta durabilidad que no necesita soluciones preservantes para protegerla de dichos ataques.
- La madera de pino por otro lado no resiste el ataque de hongos y su durabilidad es muy inferior a diferencia de la madera de tornillo, debe mantenerse con preservantes rápidamente.
- El secado de la madera tornillo al aire es bueno, no sufre rajaduras si se apila correctamente, el secado al aire de la madera de pino también es bueno, y debe hacerse inmediatamente después del aserrado, apilándose de tal forma que haya una buena circulación del aire, para así evitar el azulado por hongos.
- La madera de pino es especial para estructuras de construcción por su buena resistencia y flexibilidad al igual que la madera de tornillo, sin embargo el costo de la madera de tornillo es superior, probablemente por su mayor durabilidad.

La unidad de comercialización de la madera es el pie tablar o pie cuadrado, equivalente en volumen a una pieza cuadrada de un pie lineal de lado y una pulgada de espesor.



Las secciones o escuadrías se designan en pulgadas, por ejemplo: 1" x 8", 2" x 4", 3" x 3", etc. La longitud se expresa en pies lineales.

Para obtener los pies cuadrados que tiene una determinada pieza de madera se multiplica las medidas de la sección, expresadas en pulgadas, por la longitud en pies, y el producto se divide entre 12.

Ejemplo, una pieza de 1" x 8" x 12' tiene:

$$\frac{1"\text{x}8"x12'}{12} = 8\,pies^2$$

- ***Encofrados Metálicos***

Los encofrados metálicos, como su nombre indica, están compuestos por cierto número de piezas rígidas, que sólo pueden adaptarse a una forma exclusiva. De ahí «su limitación» en cuanto a la multiplicidad de formas a dar con un solo elemento o tablero, tal como ya vimos en los encofrados de madera, que son susceptibles de emplearlos en diversidad de piezas, cortando, añadiendo, clavando, etc. En cambio, en el encofrado metálico, por su naturaleza, cada pieza sólo sirve para la clase de molde para la cual ha sido proyectada, no pudiendo aprovecharla, salvo alguna caso excepcional, en otro elemento distinto.



Ventajas del Encofrado Metálico

En aquellas obras en donde la proliferación de un mismo tipo de piezas alcanza un número considerable, tal como en una construcción donde existan pilares de idénticas dimensiones y en gran número, los tableros metálicos ya preparados son insustituibles para la formación de los encofrados correspondientes.

Su gran ventaja radica, no sólo en la facilidad y rapidez tanto en el encofrado como en el desencofrado, así como en las piezas moldeadas alcanzan unos paramentos lisos, bien cuidados, sino en que la duración de dicho encofrado es prácticamente ilimitada, ya que no se deforman ni deterioran por el uso.

En cuanto a su manejo, es bien sencillo y aunque casi la sola observación del dibujo correspondiente es suficiente para comprender cómo se montan, vamos a dar una suscita explicación sobre los mismos.

Tanto las operaciones de encofrado y desencofrado como las de aplomado son rápidas y sencillas. Otra ventaja es la bondad de los paramentos. Salen pilares de caras limpias.

Entre las desventajas, podemos citar su inadaptabilidad a todo tipo de pilares, como sucede con la madera y a su mayor peso para el traslado y manejo.

Características de los Encofrados Metálicos: Tipo BYS.

De gran circulación en el mercado nacional de la construcción sin ánimo de publicidad y solamente porque los consideramos muy interesantes por sus notables características, presentamos el encofrado metálico universal BYS, del que, a grandes rasgos, vamos a describir las más estacadas.

Duración Ilimitada

Las piezas que componen este tipo de encofrado están construidas de hierro y acero de la mejor calidad, no produciéndose desgaste alguno durante su uso, por ser muy sencillo su manejo, tanto en el montaje como en la operación de desencofrado.

Adaptable a cualquier medida

Los paneles metálicos, como luego veremos, están diseñados de tal forma que se adaptan a cualquiera que sea la medida de la estructura que se desee encofrar.

Montaje fácil y económico

La unión de los paneles entre sí mediante unos pernos que se introducen en los agujeros del elemento subsiguiente, destierran por completo todo empleo de mordazas, pasadores, abrazaderas, cuñas, tornillos y cualquier otra clase de herramientas. No precisa de personal especializado, ya que su montaje es sencillísimo. El desmontaje, por tanto, es también una operación sencilla, sin que se puedan producir desperfectos.

Amortización

El hecho de que estos paneles por las circunstancias expuestas, tengan una vida ilimitada, amortiza su coste mucho mejor que todos los sistemas conocidos.

Medidas «standard»

Se encuentran estos paneles en el mercado, en las siguientes medidas:

40 X 50
50 X 50
60 X 50

Como dato para el lector, indicamos que un pilar de tres metros de altura necesita el material siguiente:

4 elementos de base.
24 paneles de 50 x 50.
4 pletinas de blocaje.

Para montar un pilar de las dimensiones indicadas, se tarda un tiempo aproximado de 15 minutos.

Montaje

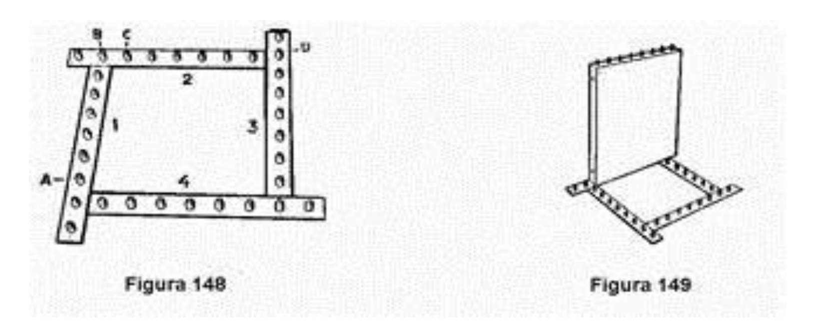


Figura 148 Figura 149

Vamos a dar a continuación un detalle del montaje con este tipo de paneles.

En la figura 148, se ven los elementos de base. Una vez replanteado el pilar, se van colocando los llamados elementos de base, de manera que la arista interior de dichos elementos coincida con lo que va a ser el paramento definitivo del pilar ya hormigonado. Una vez situados estos elementos definitivos del pilar ya hormigonado.

Una vez situados estos elementos de la base, se procede a continuación al montaje de los paneles.

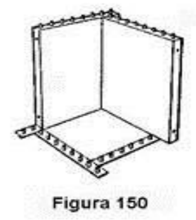


Figura 150

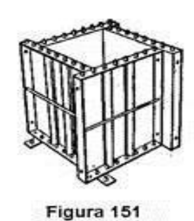


Figura 151

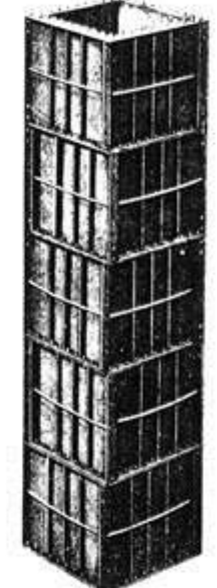
En la figura 149, vemos cómo el primer panel monta sobre el elemento base (figura 148) de forma que el primer agujero del panel encaja en el primer perno A (figura 148). Los demás agujeros encajarán en los pernos sucesivos, después en el perno B del elemento núm. 2 (figura 148), y el resto sobrante del panel sobresaldrá a continuación en la medida necesaria.

A continuación, procederemos a montar el segundo panel sobre el elemento núm. 2 en la misma forma citada en el párrafo anterior, o sea a partir del perno C, hasta el perno D del elemento núm.3 (figura 148 y 149), sobresaliendo a continuación el trozo el panel sobrante (figura 150).

Para cerrar el resto del espacio el pilar, se montan los otros dos paneles, tercero y cuarto, siguiendo el mismo procedimiento ya descrito (figura 151).



Figura 152



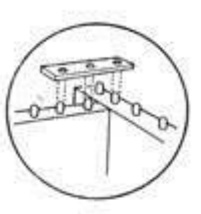


Figura 153

Figura 154

En la figura 152, se ve el montaje de los subsiguientes tramos de paneles, siguiendo siempre el mismo sistema. Cada panel inmoviliza siempre a dos de los que tiene debajo, dando una total solidez al encofrado.

Así seguiremos colocando paneles hasta llegar a la altura deseada. Por último, se colocan las pletinas de blocaje (terminales), como se ve en la figura 153, para que los cuatro últimos paneles no se separen. En la figura 154 presentamos el encofrado para un pilar.

Para el encofrado de muros, como vemos en la figura 155, se emplean también los mismos paneles, además de otros elementos que vamos a describir.

Centinela

Con este elemento, de dos metros de altura, y que se muestra en la figura 156, se pueden efectuar toda clase de paramentos. Se adapta a los paneles «standard», como se puede apreciar en las figuras ya mostradas.

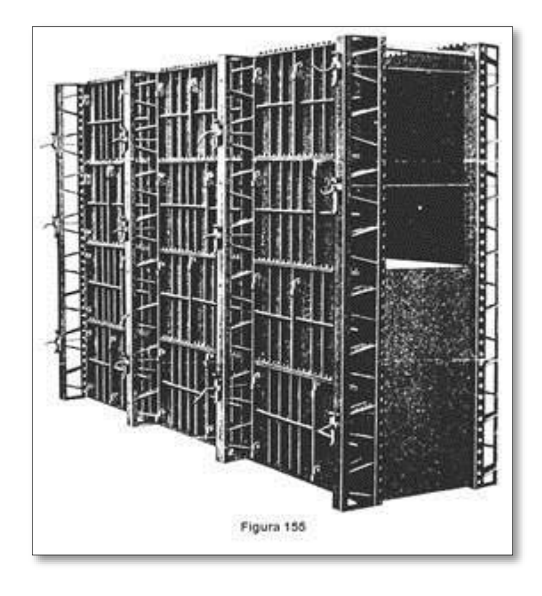


Figura 155

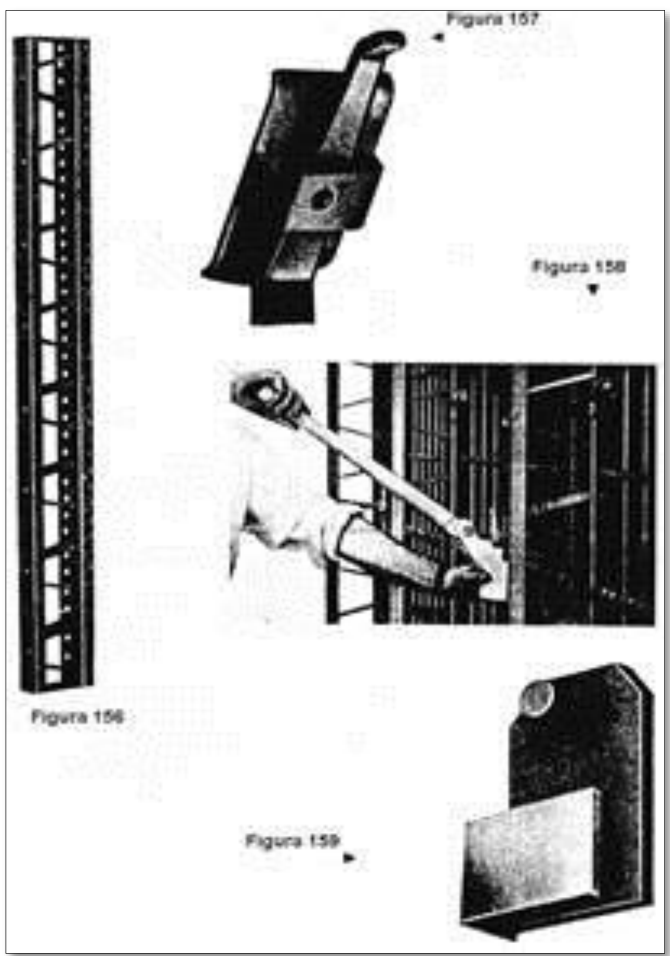


Figura 157
Figura 158
Figura 156
Figura 159

Cuña para sujeción de latiguillos

Con esta original cuña y medida un tensor (ver las figuras 157 y 158) se obtiene un máximo de resistencia en ambas caras encofradas y permite soportar todas cuantas presiones pueda producir el hormigón, al ser depositado en los encofrados y pudiendo efectuar una vibración al máximo.

Cangrejo

Es éste elemento eficaz e indispensable, pues viene a eliminar radicalmente la aplicación de toda clase de tornillos en la unión de los paneles entre sí (figura 159).

SISTEMAS DE ENCOFRADOS

- ***Sistema tradicional***

Cuando se elabora en obra utilizando piezas de madera aserrada y rolliza o contrachapada, es fácil de montar, pero de lenta ejecución cuando las estructuras son grandes. Se usa principalmente en obras de poca o mediana importancia, donde los costes de mano de obra son menores que los del alquiler de encofrados modulares. Dada su flexibilidad para producir casi cualquier forma, se usan bastante en combinación con otros sistemas de encofrado.



- ***Encofrado modular o sistema normalizado***

Cuando está conformado de módulos prefabricados, principalmente de metal o plástico. Su empleo permite rapidez, precisión y seguridad utilizando herrajes de

ensamblaje y otras piezas auxiliares necesarias. Es muy útil en obras de gran volumen.



- ***Encofrado deslizante***

Es un sistema que se utiliza para construcciones de estructuras verticales u horizontales de sección constante o sensiblemente similares, permitiendo reutilizar el mismo encofrado a medida que el edificio crece en altura o extensión. Este encofrado también dispone espacio para andamios, maquinaria, etc.



- ***Encofrado perdido***

Se denomina al que no se recupera para posteriores usos, permaneciendo solidariamente unido al elemento estructural. Puede hacerse con piezas de material

plástico, cartón o material cerámico, y queda por el exterior de la pieza a moldear, generalmente de concreto.



- ***Encofrado de aluminio***

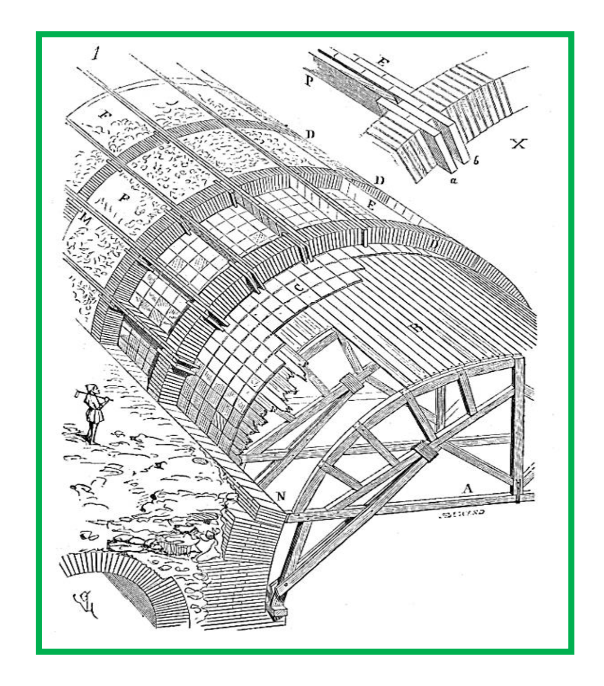
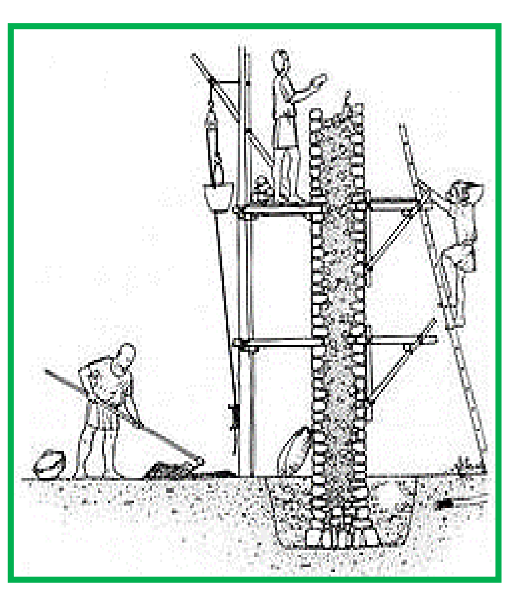
  Sistemas de moldes de aluminio de calidad para la construcción rápida de estructuras de concreto como muros, plataformas, vigas, columnas, etc.



2. CONCEPCIÓN

Los arquitectos romanos construyeron las primeras estructuras de hormigón en masa. Como el hormigón en masa no puede absorber grandes esfuerzos de tracción y torsión, estas primeras estructuras fueron arcos, bóvedas y cúpulas, que funcionan solamente a compresión. La estructura de hormigón más notable de esta etapa es la cúpula del Panteón de Roma. Los encofrados se hicieron con andamiajes y encofrados temporales con la forma de la futura estructura. Estos elementos auxiliares de construcción no sólo sirven para verter el hormigón, también han sido y son muy utilizadas en otros trabajos de albañilería. Para el hormigón, los romanos utilizaban yeso y cal como aglomerantes, además de un cemento natural obtenido de la piedra de Puzzoli, llamado puzolana, pero

no es un mineral fácil de obtener en otros lugares, por lo que no se volvió a utilizar el hormigón como material de construcción, hasta la invención del cemento Portland; el hormigón armado no podía hacerse con los demás aglomerantes puesto que atacan el hierro de las armaduras, oxidándolo.

Encofrados en la Antigua Roma

- ***Losa de encofrado tradicional***

  Cuando surgen las primeras estructuras de losas de hormigón, para la construcción de estructuras temporales se emplearon técnicas que provenían de la albañilería y la carpintería. La técnica de encofrado de una losa tradicional consta de soportes de madera (troncos de árboles jóvenes), dispuestos en filas, de uno a dos metros de distancia, dependiendo del espesor de losa, que soportan los elementos del encofrado. Entre estos elementos, las sopandas, a modo de vigas se colocan aproximadamente cada treinta cm, junto con madera contrachapada superpuesta. Estas vigas de madera (sopandas) son por lo general de cinco a diez cm de ancho y unos quince de alto.

- ***Losa de encofrado de metal***

  Similar al anterior, pero sustituyendo las vigas auxiliares (sopandas) por otras metálicas, de aluminio o acero. También los puntales suelen ser metálicos, y se pueden reutilizar

- ***Encofrados de Aluminio***

  Sistemas de encofrados de aluminio de calidad para la construcción rápida de estructuras de concreto como muros, plataformas, vigas, columnas, etc.

- ***Losa de encofrado modular***

  Son montados con módulos de madera, plástico, acero o aluminio.

SISTEMA PREFABRICADO: Flying Form Systems

Este sistema de encofrado está conformado por módulos, o cuadros, que pueden ser reutilizados en múltiples fases de un edificio. Las piezas se montan elevándolas mediante una grúa. Una vez en su posición los espacios entre los cuadros se rellenan. Varían en forma y tamaño, así como su material de construcción. El uso de estos sistemas puede reducir considerablemente el tiempo y la mano de obra en la instalación de los trabajos de encofrado. Por sus ventajas son muy utilizados en grandes superficies y estructuras sencillas. Es común que arquitectos e ingenieros diseñen con uno de estos sistemas la construcción.



Encofrado Prefabricado

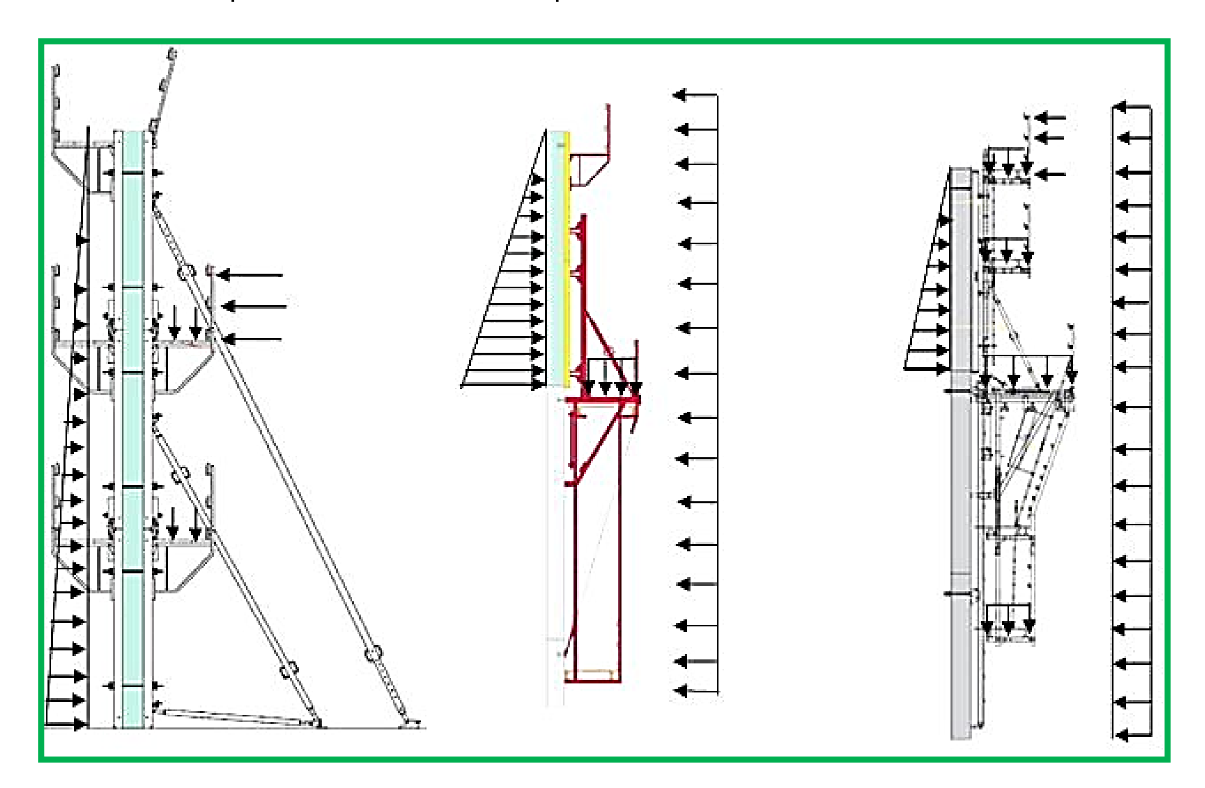
3. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

El diseño, construcción y remoción de los encofrados, cimbras, apuntalamientos, arrostramientos y elementos de unión y sujeción, requieren de un análisis y planificación profunda para lograr que los mismos sean seguros y económicos.

Para ello, se deben valorar cada una de las premisas básicas que se mencionan a continuación:

- El método a usar en obra para colocar el concreto.
- La velocidad de colocación del hormigón.
- La temperatura del hormigón en el momento de su colocación.
- Los tipos de aditivos químicos utilizados para elaborar el concreto.
- El uso de vibradores de inmersión o eventualmente el de vibradores de superficie adosados a los encofrados.

- La resistencia efectiva del hormigón, necesaria en el momento de remover los encofrados, apuntalamientos o reapuntalamientos.
- La combinación de esfuerzos de cualquier naturaleza, tanto verticales como horizontales, que al actuar y superponerse produzcan las tensiones más desfavorables, con los cuales se dimensionarán las secciones.
- El diseño de los arriostramientos y sujeciones necesarias para que el sistema de encofrados soporte todas las cargas verticales y horizontales actuantes, hasta que dichas cargas puedan ser soportadas por la estructura resistente de hormigón endurecido.
- El diseño, los materiales y las técnicas constructivas a usar en los encofrados para que los elementos estructurales, posteriormente a su desencofrado, queden con las formas, dimensiones, alineaciones, alturas y posicionamiento establecidos en los Documentos del Proyecto y con las tolerancias especificadas.
- Los requisitos especiales a tener en cuenta en el diseño y la ejecución de cáscaras, estructuras plegadas, concreto arquitectónico u otros tipos de estructuras especiales.
- El diseño y la ejecución de los encofrados para elementos estructurales de hormigón pretensado, que permita el libre movimiento del elemento estructural, sin que se dañe durante la aplicación de la fuerza de pretensado a las armaduras.



Presiones laterales a las que están sometidas los encofrados

El diseño de los encofrados, apuntalamientos, reapuntalamientos y demás elementos de sostén para la construcción de estructuras de edificios de varios pisos debe considerar, aunque no en forma limitativa, los siguientes puntos:

a) La carga utilizada para el diseño de las losas o elemento estructural, incluyendo sobrecargas, cargas de repartición y otras cargas. Cuando para el diseño de determinados elementos estructurales se haya considerado un coeficiente de reducción de la carga de peso propio o se hayan realizado consideraciones

especiales para las cargas constructivas, tales circunstancias deben constar en el análisis, cálculos y planos.

b) El peso propio del hormigón, encofrados, apuntalamientos y demás elementos de sostén.
c) Sobrecargas correspondientes a las diferentes etapas constructivas, como por ejemplo cargas de grúas y equipos o de materiales que se puedan acopiar eventualmente en los pisos.
d) Resistencia especificada para el hormigón de la estructura.
e) Período de tiempo entre el hormigonado de los sucesivos pisos.
f) Resistencia efectiva del hormigón requerida en un determinado piso para soportar las cargas de los apuntalamientos ubicados por encima de la misma.
g) La distribución de las cargas entre losas, puntales originales y puntales del reapuntalamiento al momento de hormigonar, de desencofrar y de remover los puntales de reapuntalamiento.
h) Luces entre apoyos permanentes de las losas y de las vigas y de cualquier otro elemento estructural.
i) Tipo de encofrado y apuntalamiento utilizado, como, por ejemplo: puntales individuales y torretas metálicas.
j) Tiempo mínimo en el que se deben realizar las diferentes operaciones en cada piso.



ENCOFRADOS ESPECIALES

- **Encofrados Deslizantes**

El método conocido bajo el nombre de encofrado deslizante consiste básicamente en la ejecución de un encofrado, generalmente a doble cara, de pequeña altura (1,00 a 1,20 m) con la misma forma geométrica que la estructura a construir.

Este encofrado de fabricación exacta y rígida, se monta sobre el terreno, soportado por unos caballetes metálicos desmontables por piezas y de poco peso, cuya altura libre será la máxima posible para facilitar la colocación de la armadura horizontal; sobre estos

caballetes se colocan unos aparatos de elevación, generalmente hidráulicos, que trepan a través de tubos o barras metálicas de diferentes diámetros, según la capacidad de los elementos de elevación que se apoyan sobre la cimentación.

El hormigón se vierte en el encofrado y a medida que endurece, se levanta este último a intervalos de tiempos elegidos, con carreras cortas de elevación del orden de 2 a 3 cm.

Los gatos hidráulicos están diseñados para trepar por medio de impulsos y están dotados de dispositivos especiales para controlar el nivel, garantizando la suavidad y el levantamiento uniforme del encofrado deslizante.

Todos los gatos hidráulicos están conectados a un grupo motobomba que trabaja automáticamente por medio de impulsos desde un instrumento de control que puede ajustarse a cualquier velocidad deseada.

El hormigonado, colocación de armaduras, montaje de puertas, ventanas, placas, etc., se hace progresivamente a medida que se eleva el encofrado desde una plataforma de trabajo que se encuentra al nivel del borde superior en ambas caras del encofrado.

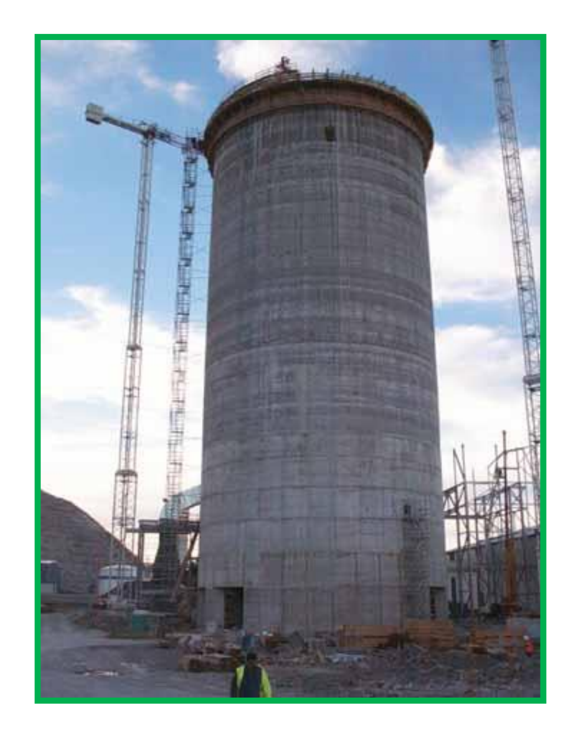
De estas plataformas cuelgan otras que se emplean para el control y repaso de la superficie.

Todo el peso de las plataformas y del encofrado deslizante, carga a través de los gatos en los tubos de trepa; éstos permanecen en el hormigón hasta que finaliza el deslizamiento, pudiendo después ser retirados al disponer de una camisa exterior que se eleva junto con el encofrado y que deja por debajo de éste el hueco fraguado donde se alojan en toda la altura los mencionados tubos de trepa.

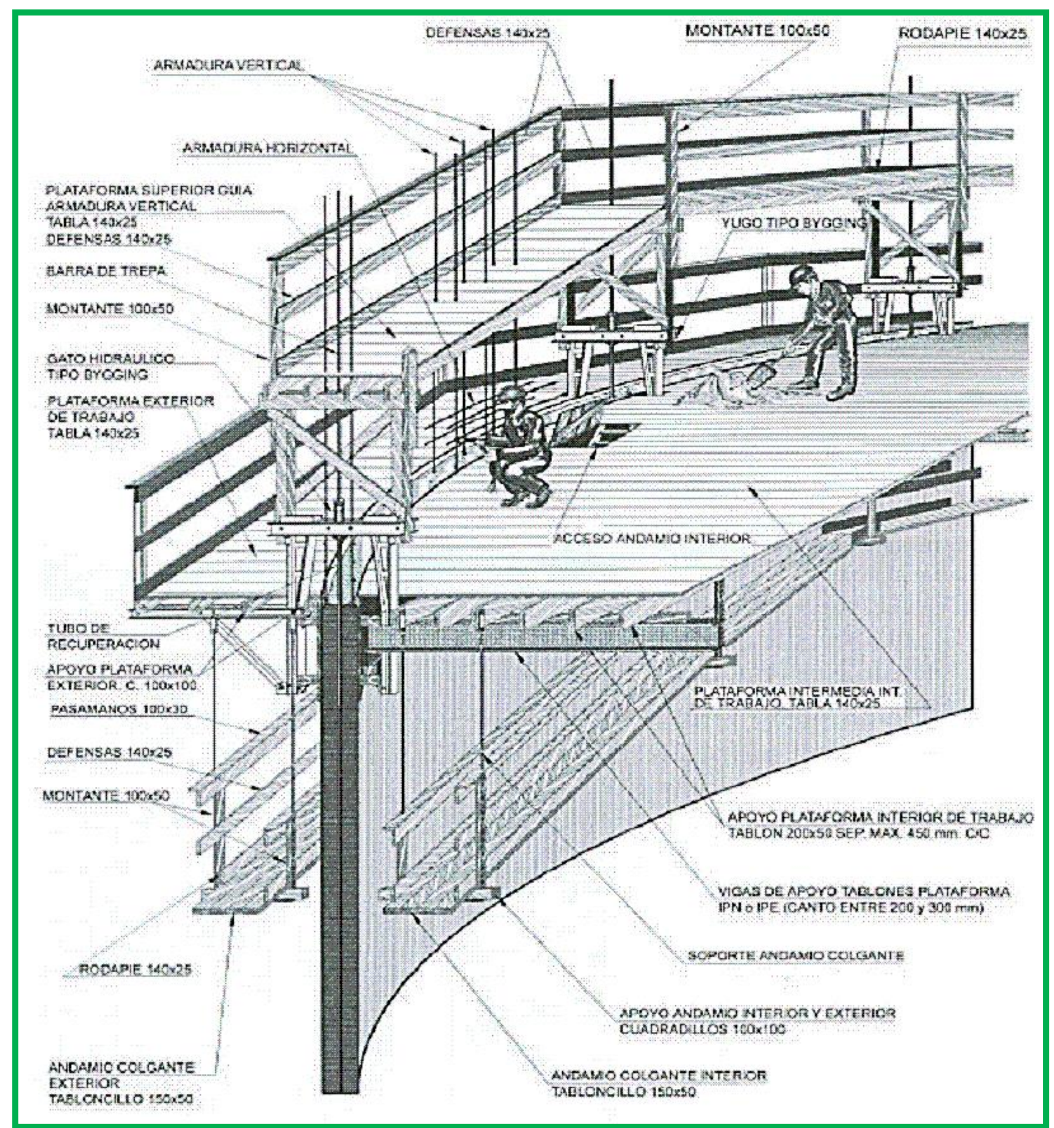
La operación una vez iniciada es continua y las interrupciones en el deslizamiento del encofrado son posibles adoptando las medidas apropiadas.

La velocidad del deslizamiento estará totalmente determinada por dos condiciones:

a) Fraguado del hormigón: en el que intervienen el tipo de cemento utilizado, la temperatura de su puesta en obra y la temperatura y humedad ambiente.
b) Medios empleados:
    - Central de hormigonado y taller para la preparación de la ferralla.
    - Puesta en obra del hormigón y las armaduras.
    - Personal para la distribución y el vibrado del hormigón, montaje de armaduras, colocación de huecos, placas y demás elementos incorporados al hormigón.
    - Medios auxiliares para el curado y la terminación del hormigón.
    - Accesos a las plataformas de trabajo.






DEFENSAS 140x25
MONTANTE 100x50
RODAPIE 140x25
ARMADURA VERTICAL
ARMADURA HORIZONTAL
PLATAFORMA SUPERIOR GUIA
ARMADURA VERTICAL
TABLA 140x25
DEFENSAS 140x25
BARRA DE TREPA
MONTANTE 100x50
YUGO TIPO BYGGING
GATO HIDRAULICO
TIPO BYGGING
PLATAFORMA EXTERIOR
DE TRABAJO
TABLA 140x25
ACCESO ANDAMIO INTERIOR
TUBO DE
RECUPERACION
APOYO PLATAFORMA
EXTERIOR. C. 100x100
PASAMANOS 100x30
PLATAFORMA INTERMEDIA INT.
DE TRABAJO. TABLA 140x25
DEFENSAS 140x25
MONTANTE 100x50
APOYO PLATAFORMA INTERIOR DE TRABAJO
TABLON 200x50 SEP. MAX. 450 mm. C/C
VIGAS DE APOYO TABLONES PLATAFORMA
IPN o IPE (CANTO ENTRE 200 y 300 mm)
SOPORTE ANDAMIO COLGANTE
RODAPIE 140x25
APOYO ANDAMIO INTERIOR Y EXTERIOR
CUADRADILLOS 100x100
ANDAMIO COLGANTE
EXTERIOR
TABLONCILLO 150x50
ANDAMIO COLGANTE INTERIOR
TABLONCILLO 150x50

➢ Carros Encofrantes

La definición de carros encofrantes es la de estructuras móviles portadoras de un encofrado destinado a la realización de elementos lineales de hormigón, como túneles, canales, muros, ampliación de tableros.

En concreto los encofrados de túneles podemos definirlos como un sistema constructivo, con mayor o menor grado de industrialización, según los casos, que, mediante un grupo de moldes específicos, da lugar a una estructura celular de láminas, normalmente transversales, y de losas, íntimamente ligadas al ser hormigonadas simultáneamente " in situ" .

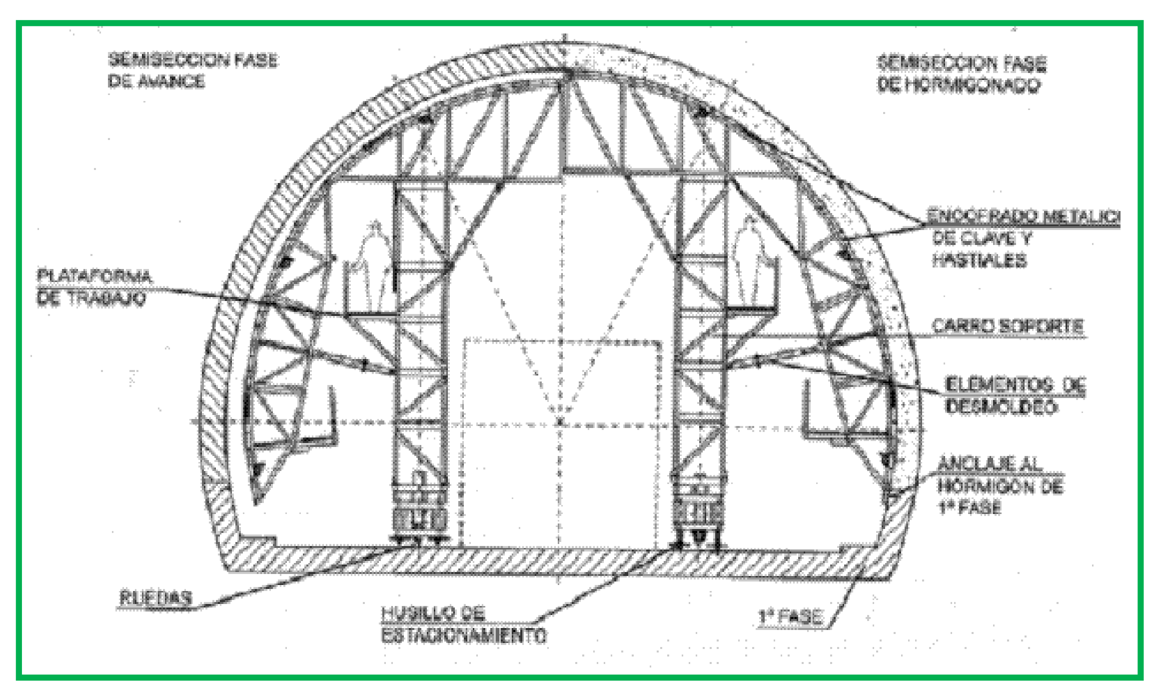
Están formadas por unos moldes en forma de "U" invertida, separados entre sí una distancia, que es el espesor de la lámina cuando sé hormigonea. Estos moldes pueden plegarse para sucesivas puestas en obra, una vez endurecido el hormigón vertido previamente.

Normalmente esta formados por dos elementos en "L" invertida, que forman la indicada "U".

Con los encofrados túneles se obtiene, a la vez, la estructura portante, gran parte de las divisiones interiores y muros testeras. Además, se incorporan los cercos de puertas, ventanas, instalaciones secas, así como los huecos horizontales que se precisen.

Componentes Principales:

- Encofrado-Pórtico; formado por dos "L" invertidas constituidas, normalmente por chapa de acero de 3 a 5 mm, rigidizadas interiormente mediante chapas y perfiles metálicos. La "U" invertida, formada por las dos "L" tendrá el ancho del túnel mediante la unión de sucesivos elementos.
- Encofrados laterales; sirven para encofrar la cara exterior del muro testero o piñón, su composición es semejante al encofrado-pórtico, llevando, además una pasarela exterior de seguridad para la ejecución de los trabajos.
- Elementos de desmoldeo; su misión es separar los pórticos una vez obtenida la dureza deseada del hormigón, se realiza reduciendo el ancho mediante un juego de bielas o gatos hidráulico horizontal, y la altura mediante el accionamiento de unas manivelas a rosca o bien disminuyendo la longitud de los puntales telescópicos verticales.
- Elementos de traslación; con ellos se puede retirar o situar el encofrado, se realiza mediante ruedas situadas en la base de los encofrados-pórtico.
- Plataformas de trabajo y seguridad; son unos andamios perimetrales a la planta que sé hormigona, sus funciones son las de lugar de trabajo y paso de operarios, mantener la seguridad en el trabajo y la de posibilitar el apoyo de los encofrados durante las operaciones de encofrado y desencofrado.



Componentes de un "carro encofrante"

Proceso de ejecución:

1. Colocación del encofrado-pórtico siguiendo las alineaciones de los muretes guía, se deberá comprobar la horizontalidad, plomos, ángulos correctos y las nivelaciones.
2. Tareas previas al hormigonado; limpieza de moldes, aplicación de desencofrantes, fijación de armaduras, separadores de armaduras, colocación de cercos, carpintería, instalaciones secas, etc.
3. Vertido del hormigón, empezando por los muros y a continuación las losas.
4. Tapado de losas con plásticos, lonas u otros elementos. Así se realiza el proceso de aceleración del curado por calentamiento.
5. Inicio del desmolde, para lo cual se deberá de conocer los resultados de las probetas y estos ser satisfactorios. Se inicia él desmolde cuando el hormigón ha adquirido entre el 40-60% de su resistencia definitiva (12 a 15 horas del hormigonado).
6. Apuntalamiento de las losas desencofradas en su punto medio, mediante sopandas y puntales para evitar la aparición de flechas, manteniéndolos hasta que el hormigón alcance la resistencia de proyecto



Aplicación de un "carro encofrante"

IV. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL ENCOFRADO

DISEÑO DEL ENCOFRADO DE UN MURO, ENTABLADO, MONTANTES, LARGUEROS Y TIRANTES

1. GENERALIDADES:

Los Encofrados de Muros son estructuras de carácter temporal utilizados para contener, sostener y moldear el concreto fresco hasta que éste endurezca y adquiera la resistencia característica.

Las superficies encofrantes pueden ser tableros de madera o contrachapados, o paneles de otros materiales (acero).

Estos paneles, compuestos por piezas macizas o laminadas de 12 a 35 milímetros de madera (por lo general de madera de pino, abedul, etc.) tratada o revestida con planchas fenólicas, se ensamblan de diferentes modos.

Para el caso de la construcción de muros es conveniente utilizar los encofrados de madera, ya que al no tener que hacer muchas modificaciones, pueden llegar a ser reutilizados hasta 25 veces.

El objetivo del encofrado es que las secciones de los muros resulten iguales a como se especifican en los planos, para esto deben ofrecer cierta resistencia que permita contener sin problemas el concreto fresco al momento del vaciado.

Previamente al vaciado, el encofrado debe ser aceitado en la cara que tendrá contacto con el concreto, esto se hace con la finalidad de que el concreto no se adhiera a las paredes del encofrado, permitiendo así un fácil desencofrado. No utilizar bajo ningún

concepto gasoil o grasa normal. En caso de que el encofrado sea de madera, también evita que la madera absorba el agua del concreto fresco.




Obrero aplicando capa de aceite al encofrado

Mientras el concreto está fresco, el encofrado no debe dilatarse, encogerse o pandear. Debe estar bien ensamblado, para que en el momento del vaciado el concreto no se filtre, como se muestra en la figura siguiente.



Sin embargo, los encofrados no deben ser considerados como simples moldes. En realidad, son estructuras; por lo tanto, sujetas a diversos tipos de cargas y acciones que, generalmente, alcanzan significativas magnitudes.

CONDICIONES BASICAS DEL ENCOFRADO:

Son tres las condiciones básicas a tenerse en cuenta en el diseño y la construcción de encofrados:

- ✓ Seguridad
- ✓ Precisión en las medidas
- ✓ Economía

De estas tres exigencias la más importante es la seguridad. Principalmente las fallas se producen por no considerar la real magnitud de las cargas a que están sujetos los encofrados y la forma cómo actúan sobre los mismos; asimismo, por el empleo de madera en mal estado o de secciones o escuadrías insuficientes y, desde luego, a procedimientos constructivos inadecuados.

La calidad de los encofrados también está relacionada con la precisión de las medidas, con los alineamientos y el aplomado, así como con el acabado de las superficies de concreto.

Finalmente, debe tenerse en cuenta la preponderancia que, en la estructura de los costos de las construcciones, tiene la partida de encofrados. El buen juicio en la selección de los materiales, la planificación del reúso de los mismos y su preservación, contribuyen notablemente en la reducción de los costos de construcción.

CARGAS QUE ACTÚAN EN LOS ENCOFRADOS

Los tipos de carga en el cual está sometido el encofrado son las siguientes:

- Peso del concreto
- Peso de los ladrillos (en techos aligerados)
- Cargas de construcción
- Peso propio de los encofrados
- Cargas diversas
- Presión del concreto fresco

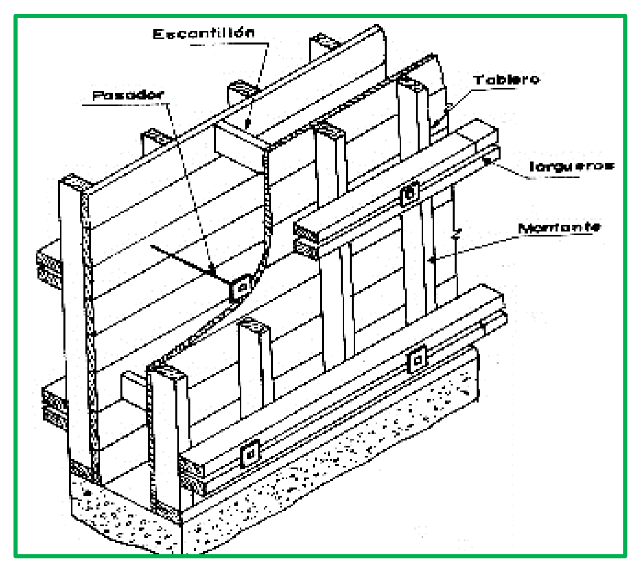
2. ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL ENCOFRADO

Los elementos fundamentales y característicos que intervienen en el encofrado son los siguientes:

✓ Entablado: están constituidos por tablas o por paneles de "triplay". Las tablas son de 1" o 1.1/2" en anchos de 6", 8" o 10". El triplay empleado para los paneles es de 3/4" (19mm) de espesor, y especificado para este tipo de trabajo.

✓ Tirante: El tipo de tirante o pasador de fierro empleado en encofrados de columnas también es utilizado en los encofrados de muros, pasándolos de una cara del encofrado a la otra a través de tubos de plástico.

✓ Las tornapuntas o puntales, además de asegurar el aplomado de los encofrados les confieren arriostramiento. Las escuadrías de las tornapuntas son de 3" x 3", 2" x 4" y 3" x 4". Cuya función es resistir la presión que ejerce el concreto fresco sobre los tableros de los encofrados. Los puntales o tornapuntas deben tener las escuadrías apropiadas y su espaciamiento será cuidadosamente analizado; además, serán debidamente arriostrados para evitar su pandeo.



Elementos que intervienen en el encofrado

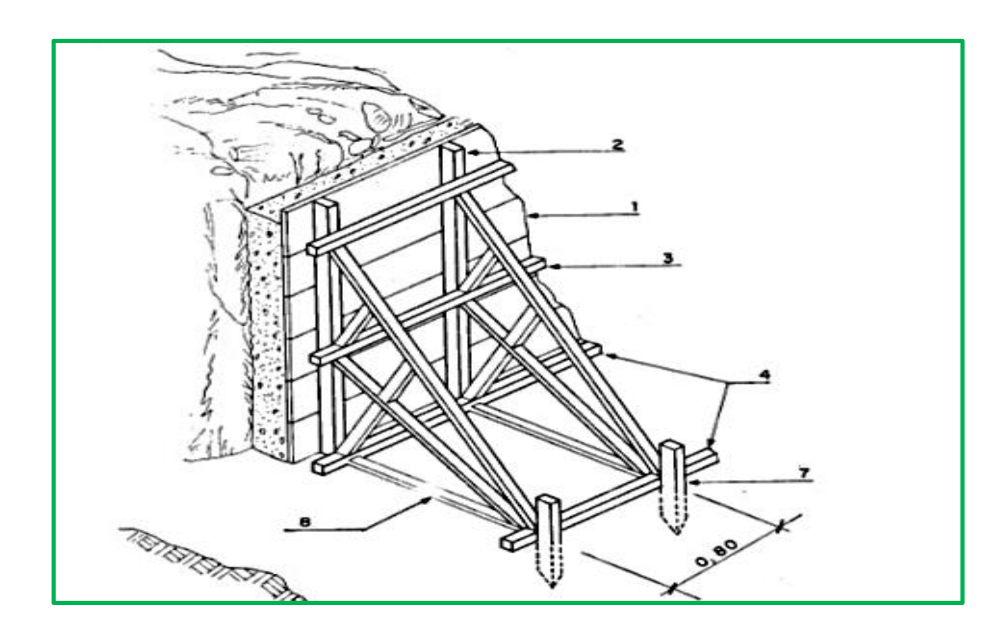
3. DISEÑO DE ENCOFRADO DE UN MURO:

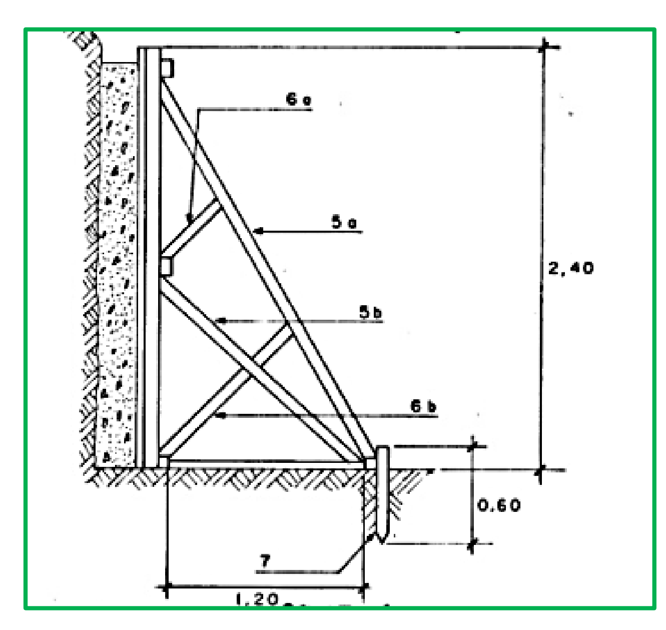
El diseño estructural de los muros dependerá de los tipos de encofrado según los elementos de sostenimiento que se presentan en el campo, tal como se mencionan a continuación:

- Encofrado de muros de sostenimiento de una cara.
- Encofrado de muros de sostenimiento de dos caras
- Encofrado de muro de cisterna de una cara interior
- Encofrado de muro de cisterna de una cara interior y una cara exterior.
- Encofrado de muros circulares

a) Encofrado de Muros de Sostenimiento (1 cara)

Encofrado de muro a una cara es un encofrado robusto, formado por un bastidor metálico con cara encofrante de madera o chapa, orientado a la ejecución de muros o pantallas con encofrado en 1 cara de los mismos (generalmente se realizan contra el terreno o en taludes) con gran superficie y buen acabado.





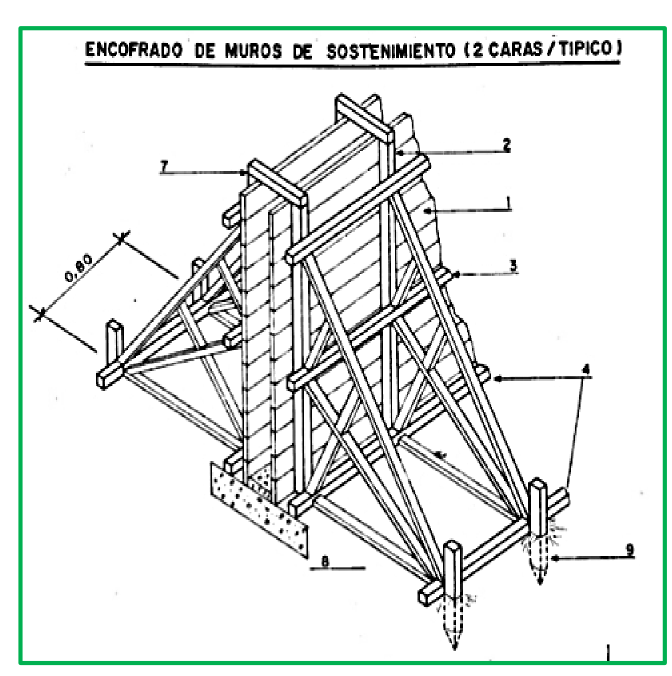
ELEMENTOS QUE INTERVIENEN:

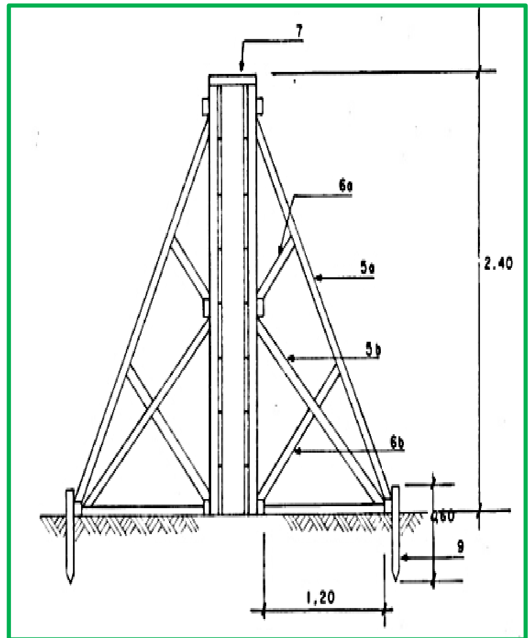
1. TABLONES
2. BARROTES
3. LARGUEROS
4. SOLERAS
5. PUNTALES
6. ARRIOSTRES
7. ESTACAS
8. BASES

Encofrado de muros de sostenimiento (1 cara /típico)

b) Encofrado de Muros de Sostenimiento (2 cara)

Encofrado de muro a dos caras es un encofrado robusto, habitualmente formado por un bastidor metálico con cara encofrante de madera o chapa, orientado a la ejecución de muros con encofrado en las 2 caras de los mismos con gran superficie y buen acabado.



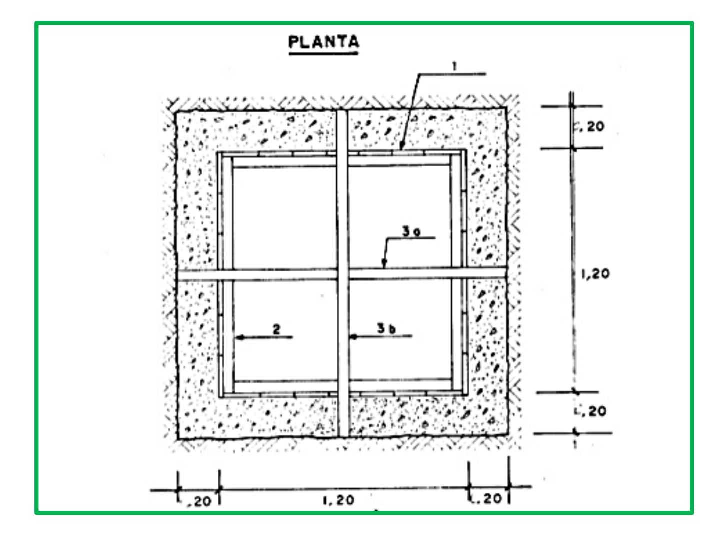


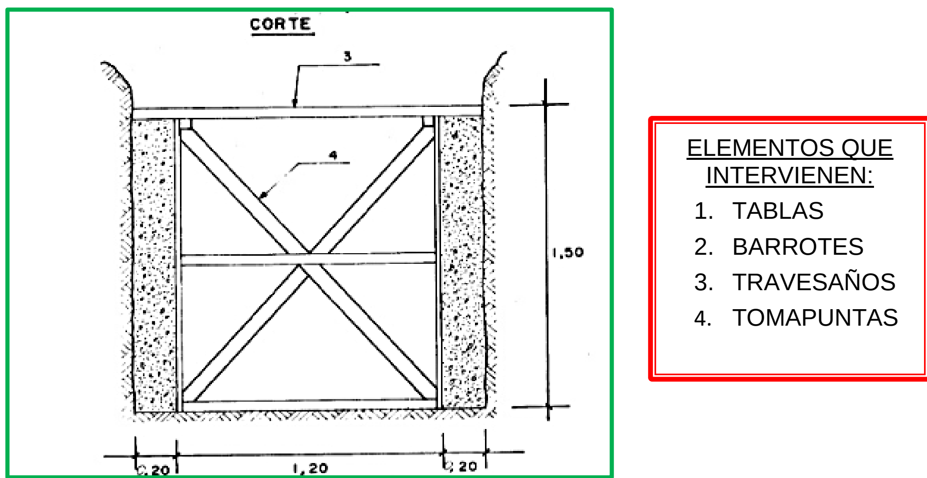
ELEMENTOS QUE INTERVIENEN:

1. TABLONES
2. BARROTES
3. LARGUEROS
4. PUNTEROS
5. SOLERAS
6. SEPARADORES
7. BASES
8. ARRIOSTRES
9. ESTACAS

c) *Encofrado de muros de cisterna (Una cara interior):*

La grafica que se presentan a continuación son representaciones de los elementos que intervienen en el encofrado de los muros de una cisterna:

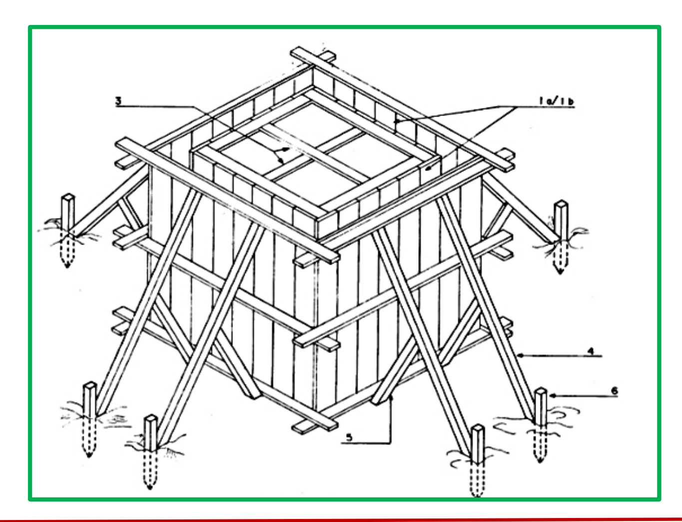


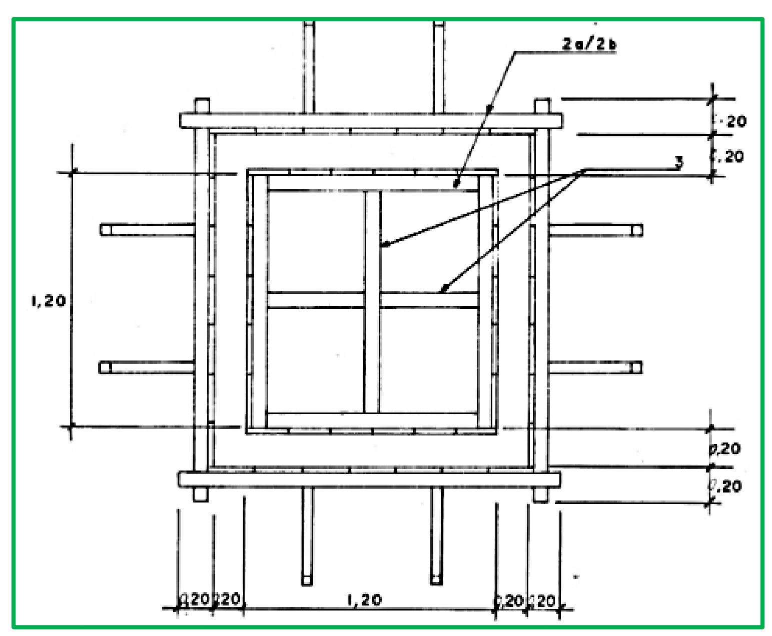


Encofrado de Cisterna (una cara interior)

d) *Encofrado de muros de cisterna (Una cara interior y una exterior):*

La grafica que se presentan a continuación son representaciones de los elementos que intervienen en el encofrado de los muros de una cisterna con una cara interior y una exterior:





ELEMENTOS QUE INTERVIENEN:

1. TABLAS
2. BARROTES
3. TRAVESAÑOS
4. ARRIOSTRES
5. ESTACAS

Encofrado de Cisterna (una cara interior y una exterior)

e) *Encofrado de Muros circulares:*

Encofrar muros circulares, sea con radio pequeño -entre 3 y 5 m- o con un radio mayor de 5 metros, es una tarea compleja: un problema es conseguir su nivelación vertical; también es difícil contrarrestar la presión del concreto o prever la aparición de momentos creados por la misma forma alabeada, pudiendo provocar el vuelco imprevisto de todo o parte del conjunto, por lo que son necesarios tensores y puntales repartidos por el encofrado.



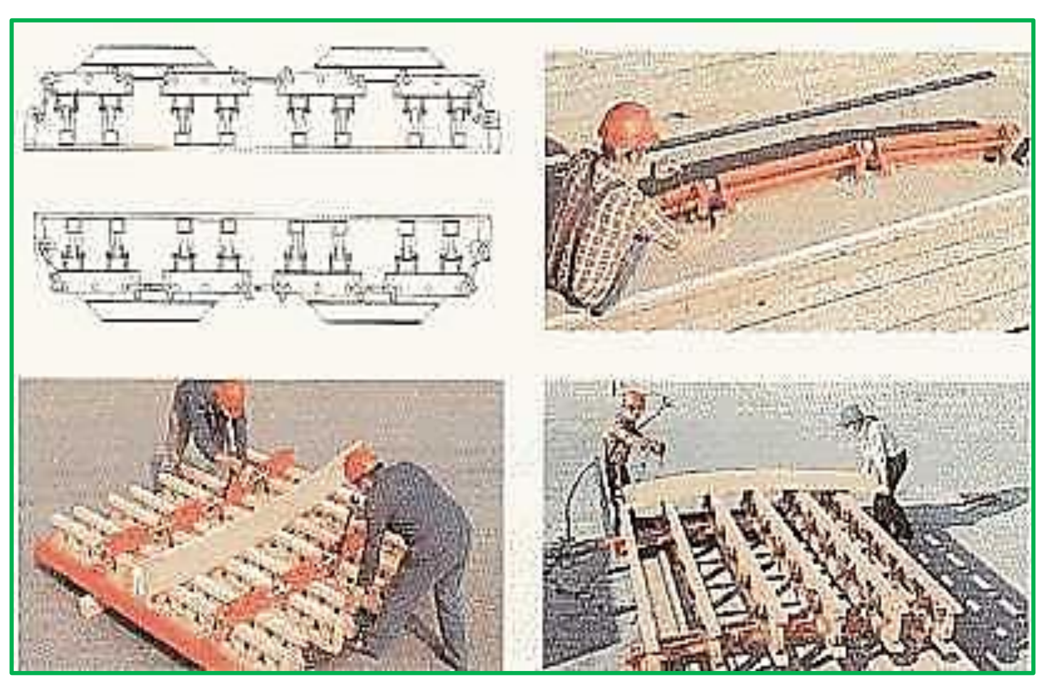


Detalle Constructivo

Aquí podemos observar un encofrado de muro circular-poligonal con paneles ligeros y cuñas de madera. Existen sistemas específicos para realizar muros perfectamente circulares a partir de 1’20m de radio, si se utilizan correas articuladas, y llegando al metro, si es con tensores. En el primer si el anillo es cerrado las tensiones del concreto

se pueden absorber únicamente con las correas prescindiendo de anclajes pasantes en el muro, haciéndolo totalmente estanco al agua. Además, este método proporciona un buen acabado final ya que se puede elegir tablero y diseñar la junta. En el segundo caso el reglaje con tensores permite trazados con radio variable. La unión entre paneles se hace con grapa autoalineante como en los sistemas modulares rectos. En ambos casos pueden venir premontados los módulos a obra o replantearse con una plantilla.

Para realizar pilares circulares existen encofrados para una sola puesta o recuperables. En el primer caso pueden ser de cartón impermeabilizado -kraft, aluminio y polietileno- que al ser más rígido que el anterior, consigue alturas mayores: hasta 12 m para diámetros de 20cm. En cuanto a los recuperables, los encofrados están formados por medias cañas de acero y rigidizadores o lamas metálicas de sección cuadrada.



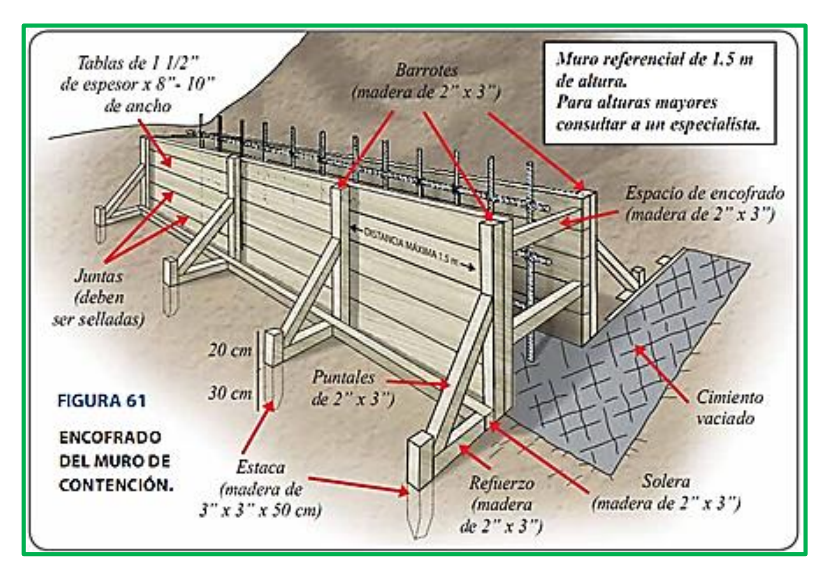
Detalle Constructivo (muro circular)

4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO:

El encofrado del muro debe estar siempre vertical, lo que se puede verificar con el uso de una plomada. Además, debe ser lo suficientemente resistente para soportar la presión lateral del concreto durante el vaciado. Para un muro de hasta 1.5 m de altura, los encofrados se armarán con tablas de 1 1/2" de espesor por 8 a 10" de ancho, las que llevarán refuerzos de madera (montantes) de 2" x 3" cada 1.5 m como máximo.

Las puntales pueden ser de 2"x 3". Las estacas que resistirán las cargas del encofrado serán de madera de 3" x 3" x 50 cm y estarán enterradas 30 cm en el suelo. Los espaciadores de 2" x 3" servirán para mantener las dimensiones especificadas en los planos.

La altura del encofrado debe hacerse por paños completos, para poder vaciar el concreto de una sola vez y no debilitar el comportamiento del muro. Es decir, si el muro tiene 2 m de altura, no debe hacerse primero 1 m y el resto después



Muro de Contención

V. DISEÑO DEL ENCOFRADO DE UNA VIGA

La viga es un elemento estructural sometido predominantemente a solicitaciones por flexión y eventualmente a otros que no comprometen su capacidad resistente (cortante, torsión, compresión o tensión de poca magnitud).

Generalmente, las dimensiones de las vigas están condicionadas principalmente por la luz (longitud) entre apoyos y por la magnitud y tipo de cargas actuantes. Así mismo, dichas dimensiones pueden variar condiciones por el control de deflexiones más que por limitaciones de resistencia.

Las vigas pueden ser de tres tipos:

- De confinamiento, que van apoyadas sobre los muros.
- Peraltadas, cuyo espesor es mayor al de la losa de techo.
- Chatas, cuyo espesor es igual al del techo.



Lo que se persigue al realizar un encofrado, es poder confinar un volumen de concreto durante el fraguado y endurecimiento del mismo.

Los encofrados de la viga deberán permitir obtener una estructura que cumpla con los perfiles, niveles, alineamientos y dimensiones de los elementos según lo indicado en los planos de diseño y en las especificaciones.

Además, los encofrados deberán ser suficientemente herméticos para impedir la fuga del mortero.

Los encofrados deben estar adecuadamente arriostrados o amarrados entre sí, de tal manera que conserven su posición y forma.

Los encofrados y sus apoyos deben diseñarse de tal manera que no dañen a las estructuras previamente construidas.

El diseño del encofrado de una viga debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- ✓ La velocidad y los métodos de colocación del concreto.
- ✓ Todas las cargas de construcción, incluyendo impacto.
- ✓ Los requisitos de los encofrados especiales necesarios para la construcción de alguna viga.

En este capítulo se presentan a modo de ejemplo los pasos en orden lógico, que se deben seguir a la hora de realizar el encofrado de algunos elementos estructurales. No se pretende abarcar a todos los sistemas de encofrado que existen, ni tampoco a todos los tipos de elementos estructurales que se pueden construir.

Lo que se pretende, es dar la idea de cómo establecer la secuencia de colocación de elementos en un encofrado y de que pasos seguir a la hora de realizar el mismo.

1. CRITERIOS DE DISEÑO

A. Esfuerzo Permisible

Comúnmente se ha pensado que los encofrados son una estructura temporal debido a que esta permanece en su sitio por poco tiempo, y el esfuerzo de trabajo o fatiga de trabajo son frecuentemente altos.

B. Deflexión

Los encofrados deben diseñarse para que cada una de sus partes no deflexione más allá de los límites permitidos. De lo contrario líneas onduladas, pandeos y posibles roturas estropearan la apariencia del concreto. El límite exacto de deflexión permisible depende del acabado deseado, así como también de la localización del elemento estructural.

La deflexión debe mantenerse dentro de los límites específicos. En ausencia de especificaciones de trabajo, un aceptable y frecuente valor usado de deflexiones permisibles para trabajo de encofrado es L/240.

C. Flexión

El momento flexor para una viga simplemente apoyada con carga uniformemente distribuida es $W^* L^2/8$ (kg*m) y para vigas continúas cargadas uniformemente es $W^* L^2/10$ (kg*m).

D. Esfuerzo Cortante

En una viga que se encuentra cargada, existe la inclinación de que una parte de ésta se mueve verticalmente con respecto a la parte adyacente; esta tendencia de movimiento en ángulos rectos el eje de la misma es referido como un esfuerzo cortante vertical.

Otro esfuerzo llamado esfuerzo cortante horizontal, este se basa en que las fibras tienden a deslizarse pasando una a otra en la dirección horizontal, paralela a lo largo de la viga.

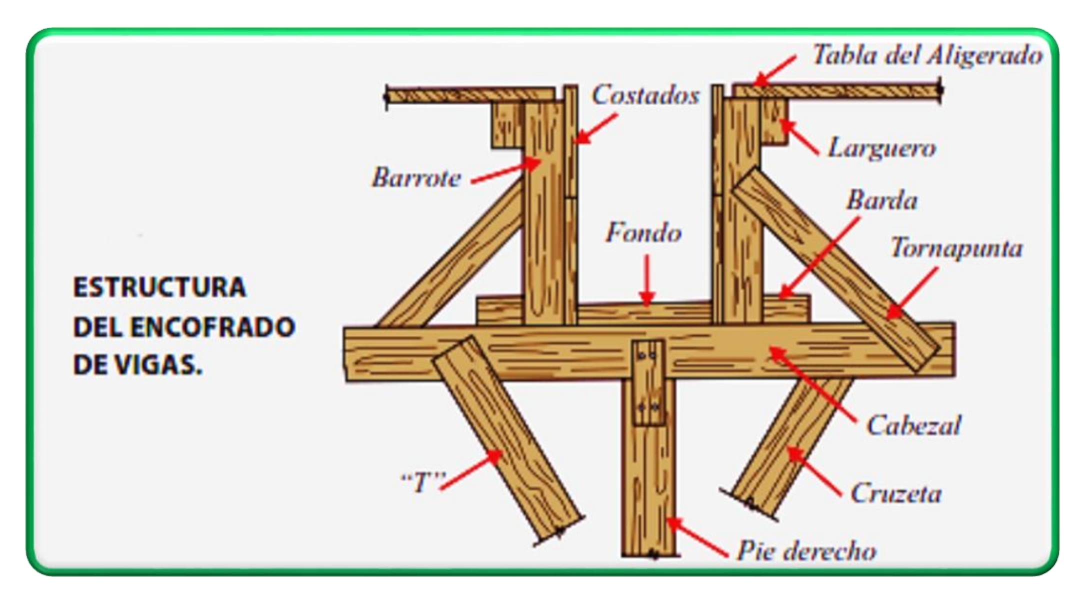
2. ENCOFRADO DE VIGAS

Los sistemas de encofrados de vigas son diversos, según el tipo de viga, ya sea plana o profunda, además, cabe distinguir entre encofrados que reciben sólo el peso de las vigas, de aquellos que sustentan parte del peso de los techos, como es el caso de encofrados con viguetas metálicas extensibles.

Los elementos principales de los encofrados de vigas son:

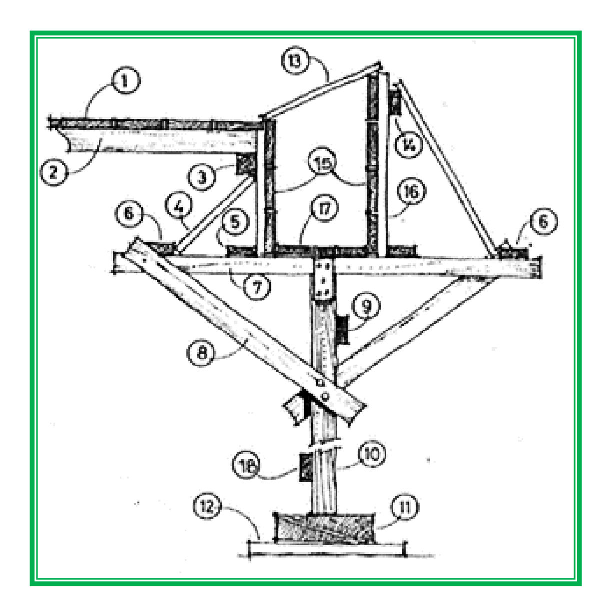
- ✓ **Fondo del Encofrado**: generalmente está formado por tablas o tablones de 1.1/2" de sección, el ancho corresponde al ancho de las vigas. El fondo se apoya sobre los cabezales de los caballetes.
- ✓ **Los tableros de los costados**, formados por tablas, se emplean de 1" o de 1.1/2" montadas sobre barrotes de 2" x 3", 2"x4" o de 3"x3" de sección.
- ✓ **Caballetes de madera y puntales**: cumplen la función de soportar las cargas. Los pies derechos de las "T" y caballetes son de 3"x3" o 3"x4".

Un tipo de encofrado de vigas se muestra en la figura. Es pertinente indicar que los tableros de los costados de los encofrados de las vigas, al igual que los de las columnas y muros, están sujetos a la presión que ejerce el concreto fresco al momento del vaciado; por eso es que los encofrados están provistos de largueros corridos y fijados sobre los cabezales, también de tornapuntas (pericos) y varales amarrados con alambre N°8, inclusive confinados con templadores o pasadores de fierro, de la misma manera que en los encofrados de columnas y muros.

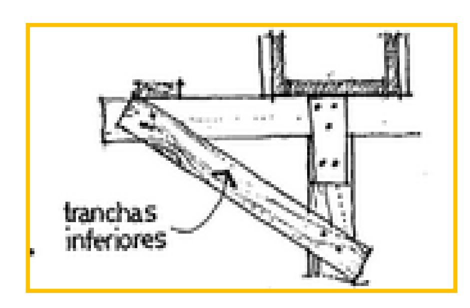


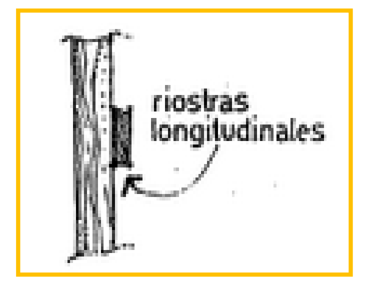
Elementos del encofrado de una viga

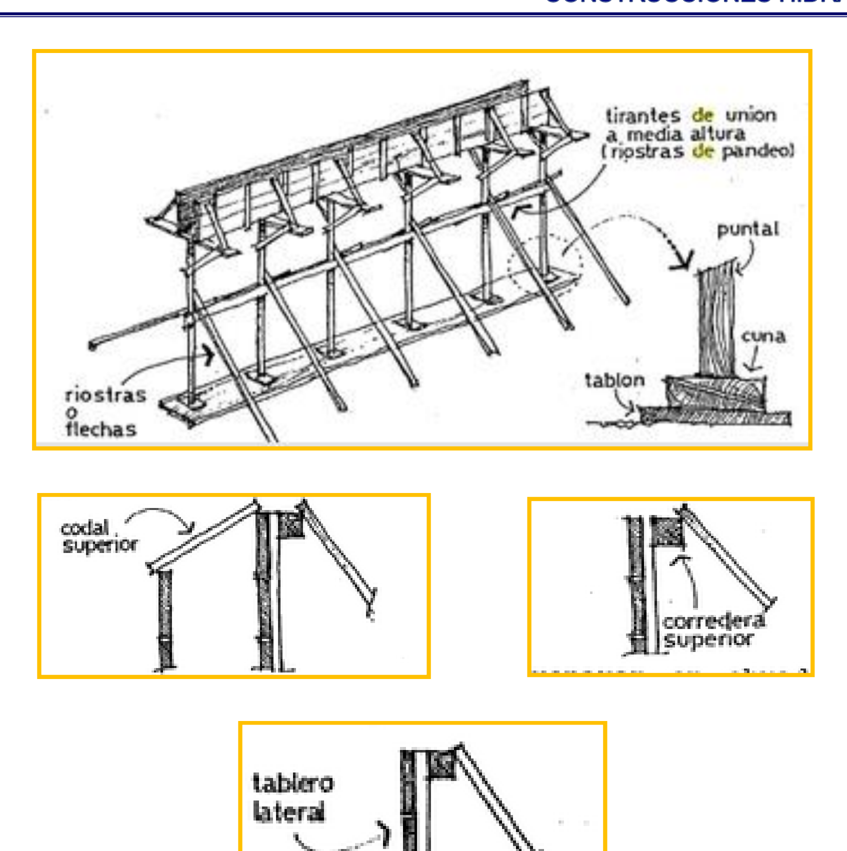
En el gráfico que sigue se muestran los diferentes elementos que conforman el encofrado de una viga de características comunes.



1) Tablero o encofrado soporte de losa.
2) Tirantes clavadores de tablas de losa.
3) Corredera extrema de soporte encofrado losa.
4) Riostras superiores de soporte de tablero.
5) Corredera inferior.
6) Corredera lateral.
7) Cabezal de soporte de encofrado.
8) Riostras inferiores.
9) Riostras longitudinales.
10) Puntal de soporte.
11) Cuñas de ajuste.
12) Codal de tablero.
13) Corredera superior.
14) Tablero lateral.
15) Clavadura de unión.
16) Tablero de fondo.
17) Riostras de pandeo del puntal.





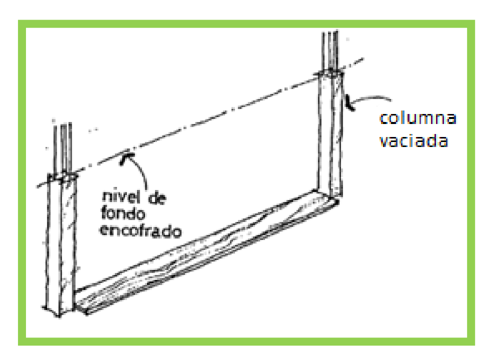


3. PROCESO DE ENCOFRADO

Detallaremos el proceso de encofrado de una viga sobre la base de lo que habitualmente se acostumbra a realizar en la zona, es decir con encofrados secuenciales. Para ello se prepara y se vacían previamente las columnas, las que servirán de referencia de niveles y de apoyos de tableros de vigas.

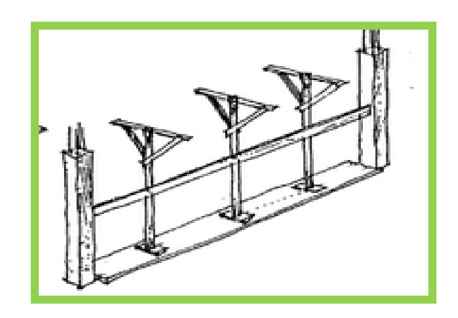
Los pasos que se indican corresponden en madera (Encofrado Tradicional).

a) Se tienen las columnas previamente vaciadas y se prepara el contrapiso y los tablones de los puntales.



b) Se colocan los puntales o pies derechos que soportarán las cargas y las riostras necesarias.

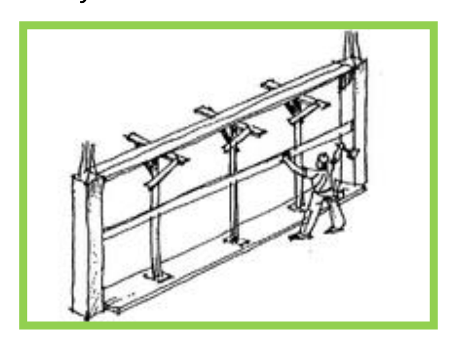
c) Los puntales se regulan al contacto con el suelo por medio de cuñas de madera.



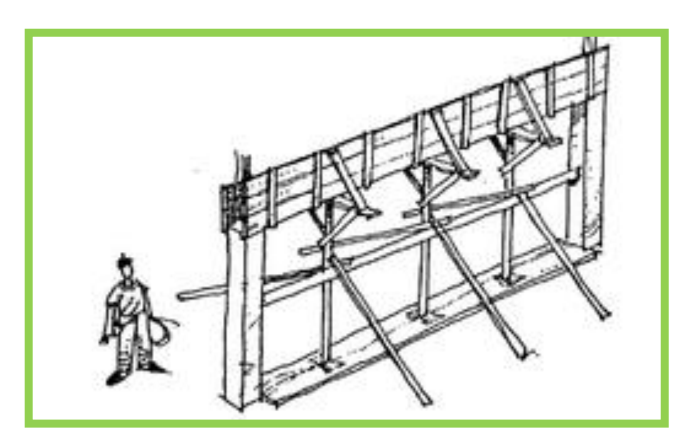
d) Se colocan los largueros del fondo (cuartones o perfiles metálicos).

e) Se colocan las costillas, con la separación necesaria.

f) Se coloca el tablero de fondo y se nivela.



g) Se colocan los tableros laterales y se arriostran lateralmente (largueros laterales).

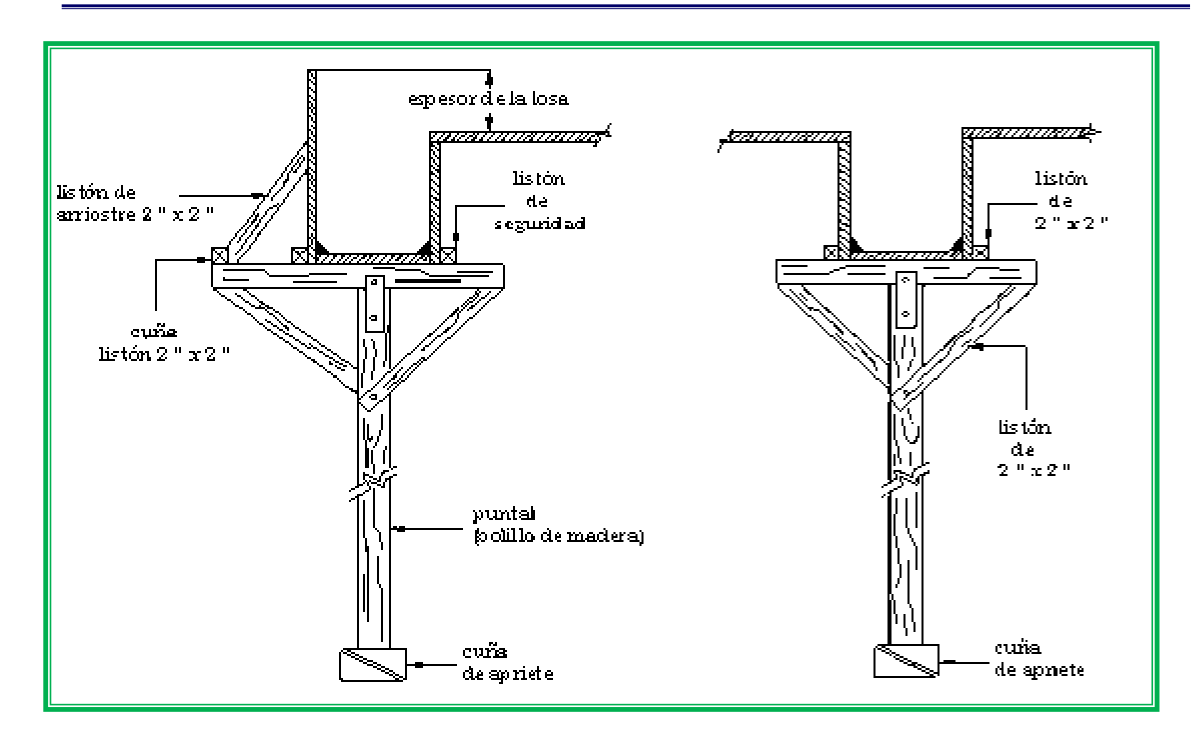


h) Se coloca el líquido desencofrante.

i) Se coloca el acero longitudinal y transversal según proyecto.

j) Se colocan los codales y tensores de ser necesario.

k) Se vacía el concreto.

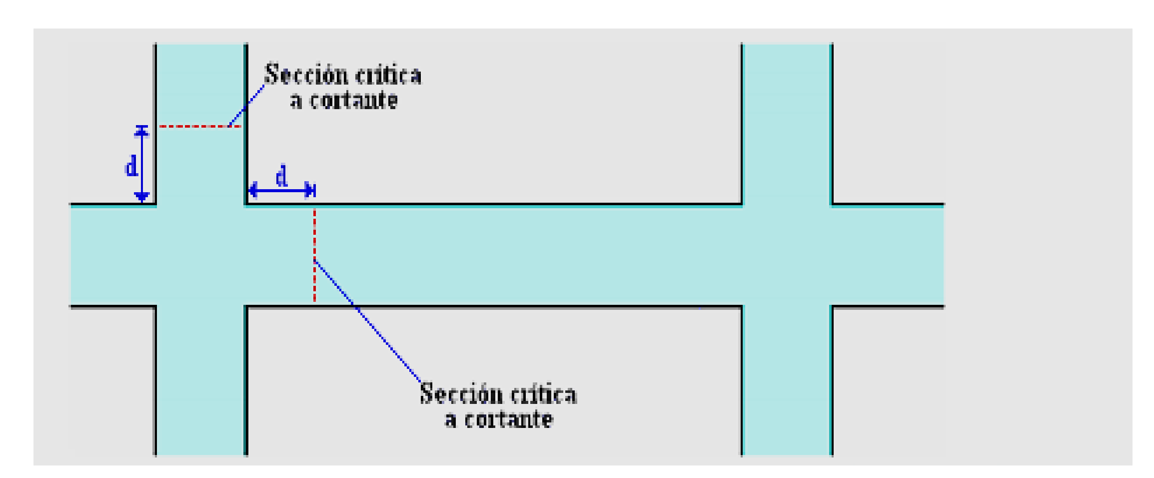


4. SECCIÓN CRÍTICA

Una sección crítica es una posición de la estructura donde la posibilidad de fallo es más probable.

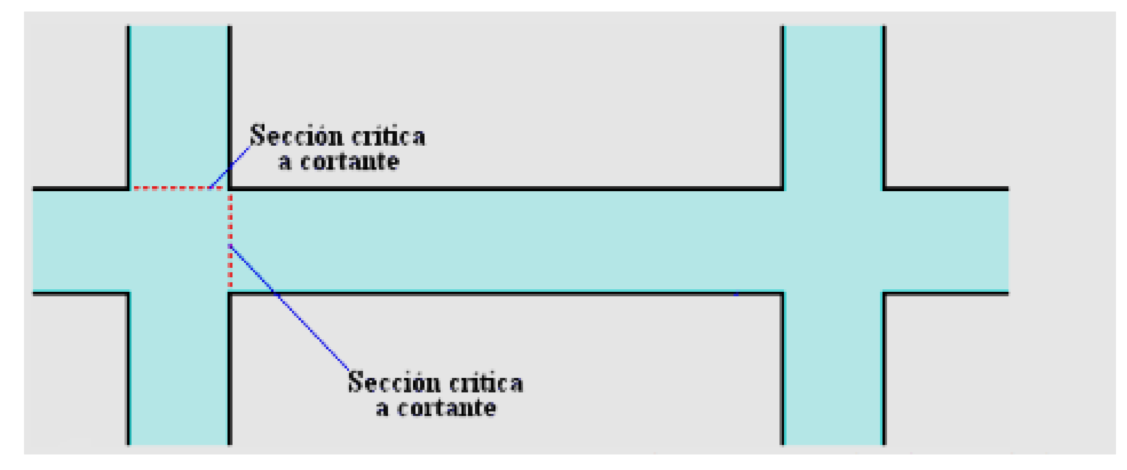
La sección crítica de diseño ante fuerzas cortantes, debido a las cargas que presenta la estructura, se ubica a una distancia "**d**" desde la cara interna del apoyo, si se cumplen simultáneamente las siguientes 3 condiciones:

- La reacción en el apoyo, en dirección del cortante aplicado, produce compresión en las zonas extremas del elemento.
- Las cargas aplicadas en o cerca de la cara superior del elemento.
- Ninguna carga concentrada se aplica entre la cara interna del apoyo y la sección crítica descrita previamente.



Secciones críticas o cortantes cuando se cumplen las tres condiciones

En caso de no cumplirse alguna de las 3 condiciones, la sección crítica se ubicará en la cara interna del apoyo.



Secciones críticas a cortante cuando no se cumple alguna de las 3 condiciones

5. PUNTALES

Son elementos esbeltos de madera o metal, que se orientan verticalmente. Se utilizan para transmitir las cargas a un estrato firme. Su función es la de servir de apoyo y recibir las cargas producidas por el peso propio de los moldes, así como también las producidas por el concreto posteriormente ha de vaciarse. Soportan fuerza axial.

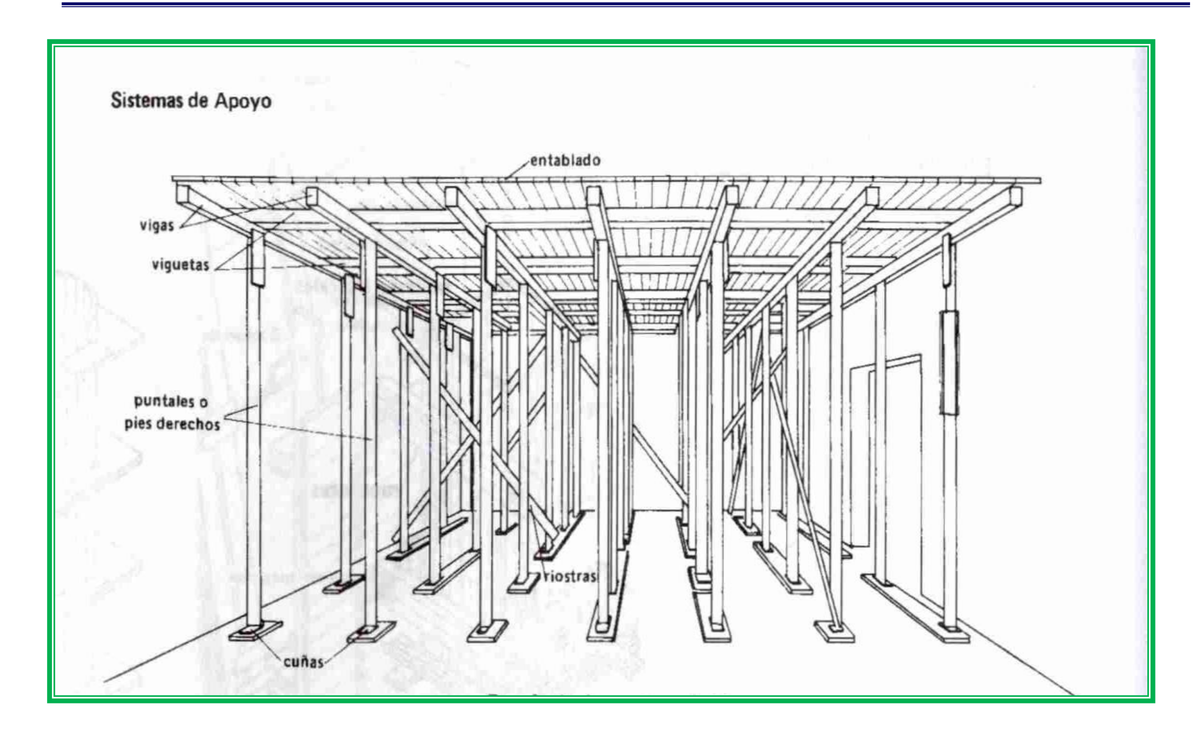
Si se les coloca unos travesaños en su parte superior junto con dos piezas de arriostramiento que lo refuerzan se les da el nombre de muletas. Estos se usan generalmente para soportar vigas medianas.

Estos puntales están influenciados por varios factores:

- Material del cual está hecho el puntal.
- El área efectiva del puntal.
- Relación de esbeltez del puntal.

Uno de los aspectos más importantes es el punto referente a la relación de esbeltez del puntal.

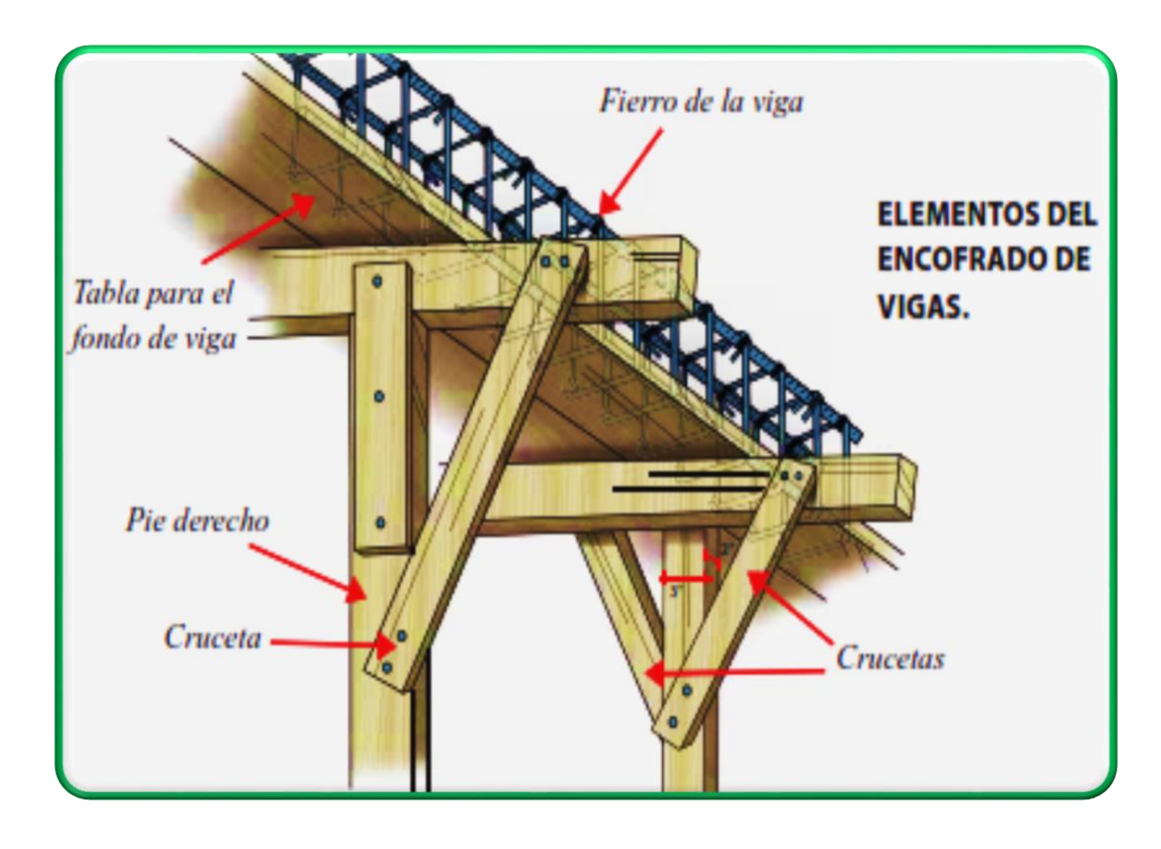
De esta relación de esbeltez, se puede comprobar que, a mayor luz libre, menor es la resistencia máxima del puntal, manteniendo constante el área. Por lo cual es conveniente y necesario colocar las piezas de arriostramiento las cuales van a aumentar la resistencia del puntal al reducir la luz libre y el desplazamiento lateral de éste.



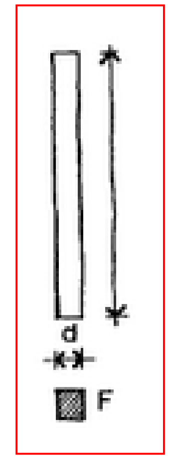
6. SEPARACION MÁXIMO ENTRE PUNTALES

Para encofrados convencionales de 0.20 y 0.25m, cuya altura, de piso a techo, no sobrepase de 3.00m la separación máxima entre pies derechos será de 0.90 m, siempre y cuando los pies derechos sean de 3" x 3", y las soleras de 2" x 4", 3" x 3" o de 3" x 4". Se reitera la conveniencia de no emplear pies derechos de 2" x 3" o de 2" x 4".

De ser mayor la distancia de separación entre los puntales o pies derechos, se podría producir hundimientos en el entablado.



7. ESBELTEZ DE LOS PUNTALES



Los pies derechos son piezas esbeltas, es decir, las escuadrías o secciones de los pies derechos son pequeñas en relación a su longitud. La eventual falla de los mismos se produce por pandeo, más que por compresión o aplastamiento. En cualquier diseño de los puntales, su capacidad de carga depende de la razón de esbeltez.

Por lo tanto, la esbeltez es la relación entre la longitud de pandeo del elemento y su menor lado.

La capacidad de carga de piezas esbeltas depende mayormente de la relación entre las dimensiones de la sección, principalmente del canto, y de su longitud. Es substancialmente menor cuanto mayor sea su esbeltez. Por ejemplo, si un pie derecho de 3" x 3" y 2m de longitud tiene una capacidad de carga de 1600kg, ésta será sólo de 400 kg si la longitud se duplica, es decir, la capacidad de carga se reduce a la cuarta parte.

Lo expuesto demuestra la inconveniencia de emplear pies derechos de excesiva esbeltez sin apropiado arriostramiento lateral y aprobación del ingeniero residente. Por ello no es recomendable seleccionar pies derechos de 2" x 3" o de 2" x 4", tal como ha sido señalado.

8. ARRIOSTRAMIENTO

Ya se ha visto que el diseño y la construcción de encofrados de techos deben asegurar que cada uno de los elementos sea suficientemente resistente; sin embargo, también es indispensable arriostrar apropiadamente los encofrados para conferirles estabilidad ante las acciones que suelen manifestarse debido al empleo de equipos (winches, vibradores, etc.) empleados para el vaciado de concreto y también por colocación no uniforme del concreto durante el llenado de los techos.

Los tablones o tableros de los costados, que servirán para dar forma a la sección de viga, contarán con espaciadores de madera y pasadores de alambre Nº 8.

Con estos dos elementos se garantiza que el ancho de las vigas sea el que se especifica en el plano.



Los barrotes que sirven de apoyo a los tablones de los costados de la viga, serán soportados por elementos diagonales llamados tornapuntas, que los arriostran con los cabezales de las “T”.

Una vez armado el encofrado, debe verificarse que esté perfectamente horizontal. Para eso, contamos con la ayuda de un nivel de mano.

Consideraciones

- Antes de empezar a encofrar, se deberá verificar que la superficie del suelo sobre la cual se apoyarán los puntales, esté bien compactada y tenga de preferencia falso piso. De esta manera, evitaremos que los puntales se hundan y desnivelen el encofrado.
- No es recomendable usar **pies derechos** que estén conformados por piezas de madera empalmadas, ya que los empalmes podrían fallar durante el vaciado y producir hundimiento del encofrado y posibles accidentes.
- Los pies derechos o puntales deben estar en posición vertical y no inclinados para que puedan funcionar adecuadamente en el apuntalamiento de la viga.
- Para regular la altura de los pies derechos al contacto con el suelo, no deben usarse piedras ni cartón o cualquier otro material débil, pues pueden fallar con el peso al que serán sometidos.
- Una vez armado el encofrado, debe verificarse que esté perfectamente horizontal. De lo contrario, después se tendrá que corregir por un lado con el tarrajeo del cielo raso, y por otro, con el contrapiso del nivel superior y ocasionará gastos innecesarios.

Respecto a la seguridad, ciertas recomendaciones deben tenerse presente; por ejemplo, cuando se trate de encofrados de techos empleando viguetas metálicas apoyadas en los encofrados de las vigas, es preciso asegurarse que las cargas que transmiten las viguetas sean apropiadamente transferidas a los cabezales de las “T” o caballetes. Para lograr esta indispensable condición, las viguetas deben apoyarse en soleras o largueros dispuestos adecuadamente en los costados de las vigas y de ninguna manera apoyados sólo en el canto de las tablas de los costados de las vigas.

Las soleras o largueros se apoyarán en barrotes, y éstos a su vez sobre los cabezales, o en todo caso sobre solera corrida en la parte baja de los costados del encofrado.

Otra recomendación es proporcionar consistentes apoyos a los pies derechos o puntales, especialmente cuando se trate de vigas de gran peralte, más aún si los encofrados de las vigas reciben parte importante del peso de los techos, como es el caso de encofrados de techo con viguetas metálicas. Al respecto, es imprescindible compactar el suelo y construir falsos pisos antes de proceder a encofrar; inclusive, en algunos casos podría ser necesario construir solados para el apoyo de los pies derechos o puntales, o interponer durmientes de madera, de escuadrías apropiadas, entre los pies derechos o puntales y el falso piso.

Por otra parte, el arriostramiento lateral de los pies derechos o puntales metálicos favorece la estabilidad de los encofrados.

Las escuadrías de pies derechos y la separación de las “T” o caballetes dependen de las cargas que se impongan a los encofrados y de la altura o longitud de los pies derechos.

VI. DISEÑO DEL ENCOFRADO DE UNA LOSA ALIGERADA

1. DESCRIPCIÓN DE UNA LOSA ALIGERADA:

La Fig.1 muestra, en corte, la losa denominada "aligerada", el mismo que está constituido por viguetas, losa y ladrillos huecos.

Los ladrillos son de arcilla cocida, de concreto vibrado; el alto de los ladrillos es generalmente 0.15, 0.20 y 0.25m

Actualmente también se usa casetones de tecnopor.

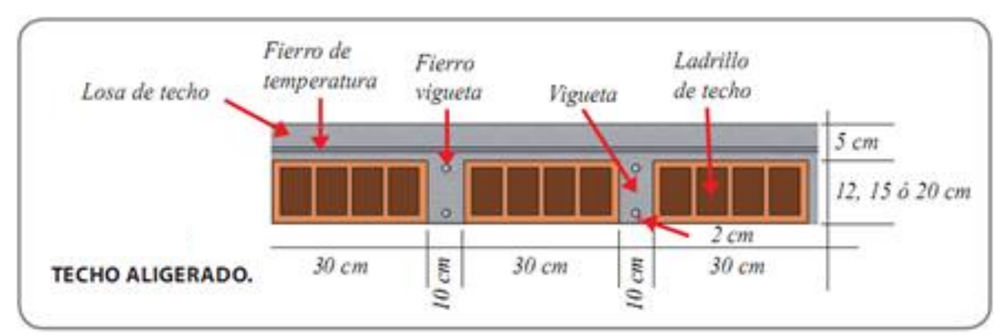


Figura 1. Corte típico de losa aligerada

2. DESCRIPCIÓN DE ENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA

Los encofrados para losas constituyen quizá el género más importante dentro de esta materia y corresponde al llamado modelo horizontal, un encofrado caracterizado por su gran área horizontal que trabajo bajo un régimen de cargas distribuidas transmitidas inicialmente a correas (viguetas) y finalmente a apoyos puntales. Puede entenderse como un sistema unidireccional de vigas simplemente apoyadas sobre puntales. El sentido horizontal es un sistema eminentemente inestable y aunque se encuentra gobernado por cargas verticales requiere amarres en forma diagonal u horizontal.

El encofrado de una losa aligerada típica está conformado por:

- *Tablones:* de 1 1/2" de espesor por 8" de ancho mínimo.
- *Soleras:* de 2" x 4" de sección.
- *pies derechos (o puntales):* de 2" x 3" de sección.
- *Frisos* de 11/2" de sección, en alturas variables, según el espesor del techo aligerado.

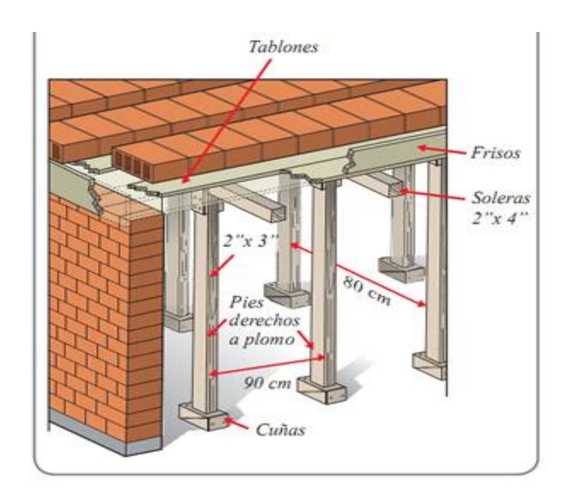


Figura 2. Encofrado de losa aligerada

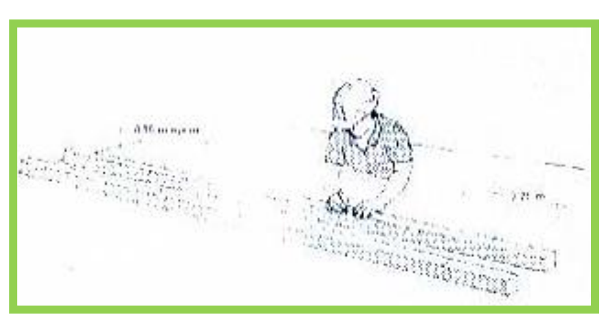
3. PROCESO DE EJECUCIÓN

i. Fijación de soleras:

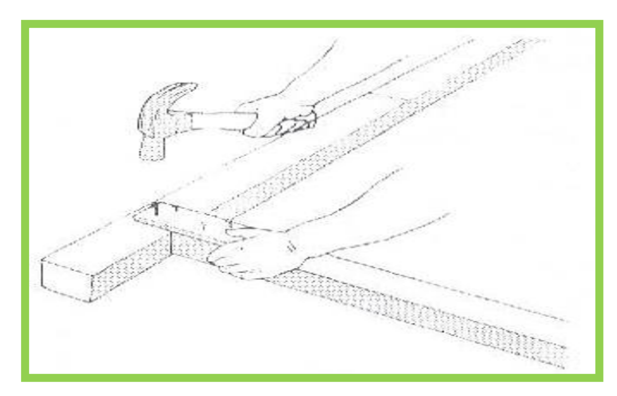
1. Presente las soleras en el piso. Comprobamos a simple vista que sus cantos estén rectos.



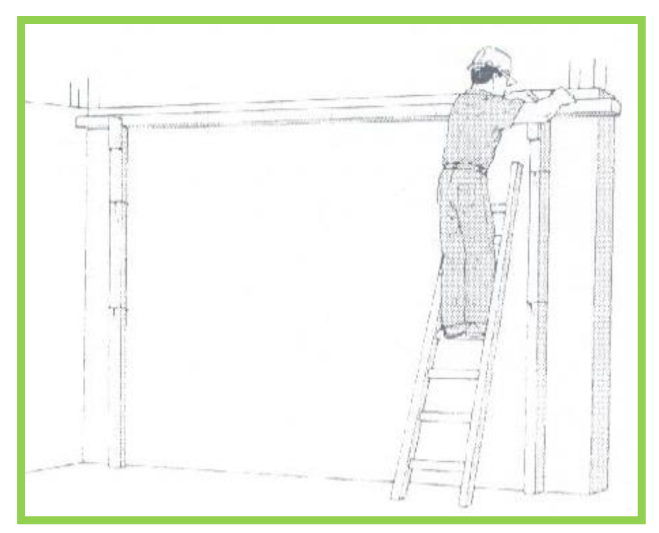
2. Señale la ubicación de los pies derechos en las soleras; marcando en una de las caras los lugares donde se colocarán; teniendo presente que los pies derechos extremos se colocaran a 25 centímetros de los extremos de la solera.



3. Fijamos los pies derechos de los extremos:
   - Clavando la oreja del puntal o pie derecho a la solera, sobre las marcas hechas en el punto 2, dejando fuera la cabeza de los clavos.
   - Verificando que los pies derechos queden perpendiculares a la solera.



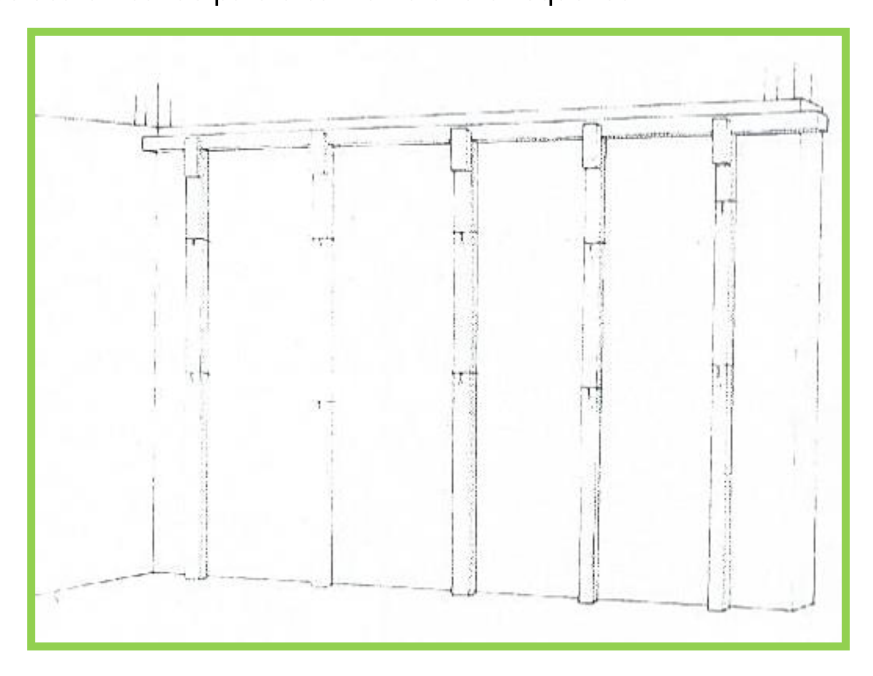
4. Coloque la solera en la posición que ocupara.
   - Levantando los pies derechos hasta que queden verticales, la solera quedara horizontal a la altura requerida.
   - Asegurando el conjunto (pies derechos, soleras) con listones, tablas o alambres fijados a los muros.



5. Coloque la solera en el otro extremo seguir paso 4.
6. Fijar el resto de pies derechos.
   - Clavando las orejas a la solera sobre las marcas hechas en el punto 2, presionando el pie derecho hacia arriba, contra la solera.

   Observación:

   - Las soleras intermedias se fijarán a las tablas colocadas entre los dos extremos.
   - Se colocarán cuñas para alcanzar la altura requerida.



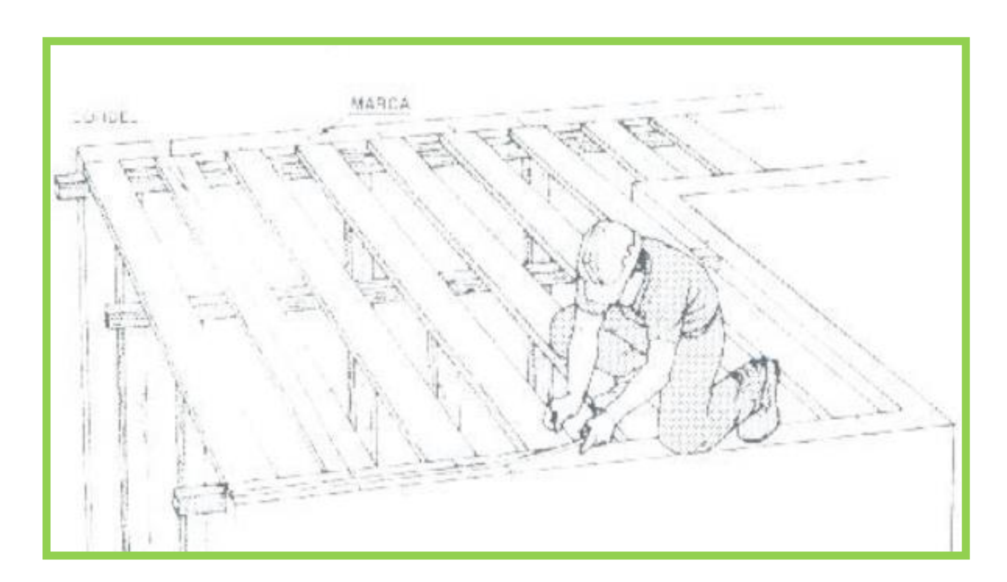
ii. Fijar fondo de viguetas

1. Marcamos los ejes de viguetas.
   - Sobre los muros o al costado de las vigas.
   - Midiendo a partir de uno de los extremos primero 35 cm, luego 40 cm,

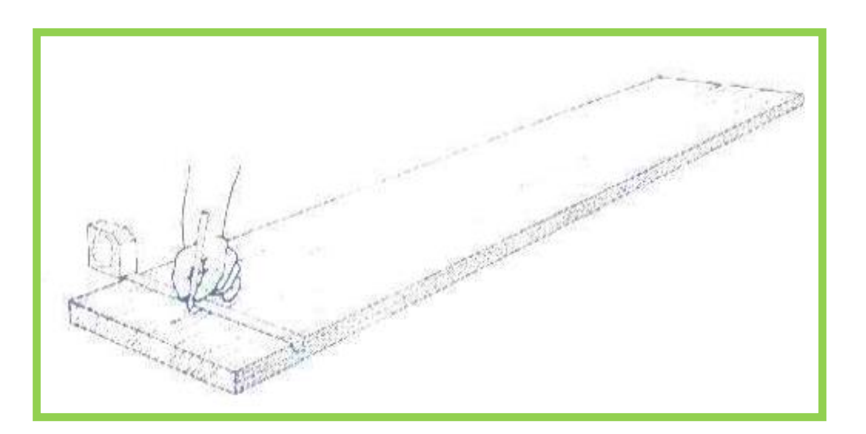
- Repitiendo las medidas en el muro o viga opuesta.
- Uniendo las marcas correspondientes, con un cordel.

Observaciones:

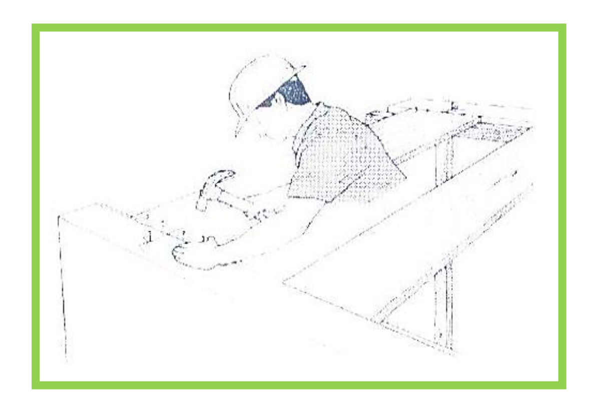
Si al concluir el marcado de los ejes de viguetas quedará una dimensión inferior a 35 cm. Se colocará una tabla.



2. Trace el eje longitudinal de la tabla:
    - Dividiendo el ancho en dos partes iguales en ambos extremos.
    - Uniendo con una línea recta las marcas hechas.

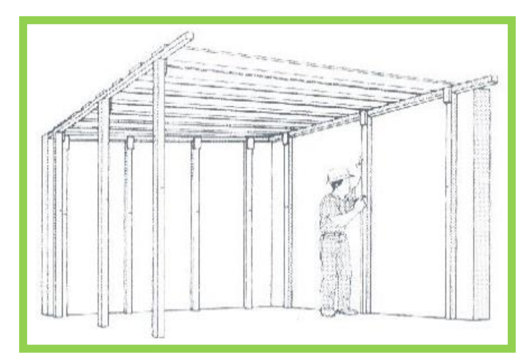


3. Clave la tabla a la solera.
    - Iniciando en uno de los extremos.
    - Haciendo coincidir el eje de la tabla con el cordel, colocado en el paso 1.
    - Dejando la cabeza del clavo fuera.

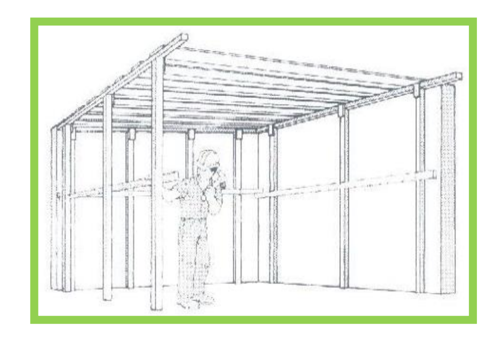


iii. Arriostramiento de pies derechos.

1. Ubicamos la altura de arriostre.
   - Midiendo a partir del piso y marcando sobre los pies derechos.
   - Teniendo en cuenta la longitud del pie derecho y el peso que soportara, debiendo quedar aproximadamente en el tercio central.



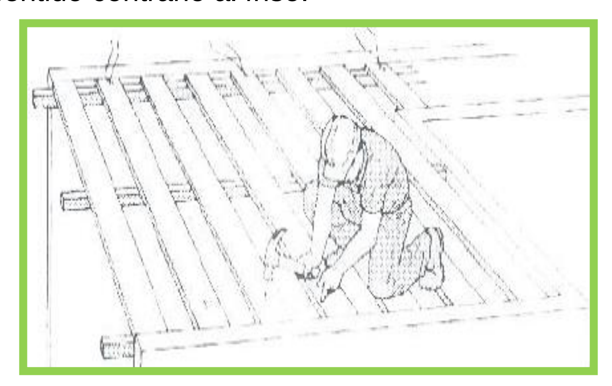
2. Clavamos tablas una a continuación de otra.
   - Haciendo coincidir uno de sus cantos con las marcas y topando con los muros si hubieran.
   - Dejando fuera la cabeza del clavo.



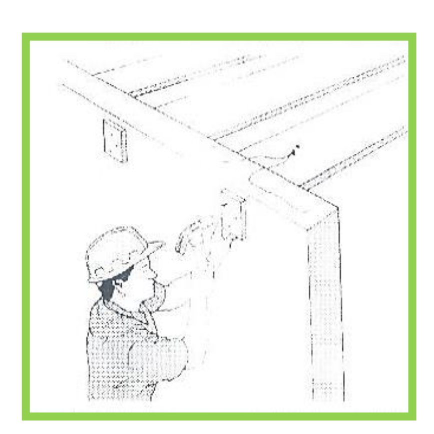
iv. Fijación de frisos

1. Fijamos alambre N° 16 a la tabla (vigueta que soportara la losa)
   - Introduciendo un clavo, los 2/3 de su longitud aproximadamente a 10 cm de la parte interior del muro.

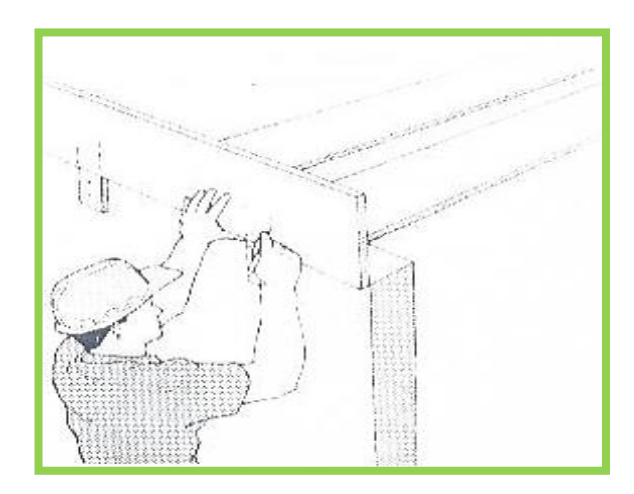
- Doblando el alambre por la mitad dando una vuelta en el clavo que debe ser doblado en sentido contrario al friso.



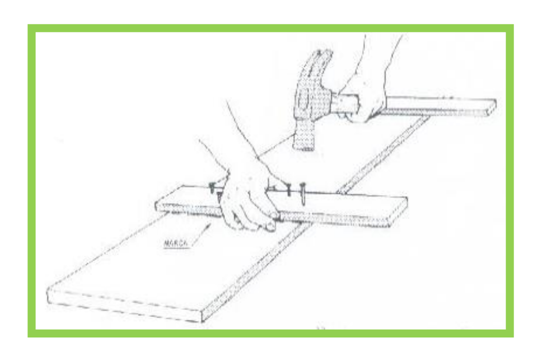
2. Colocamos tacos
   - En la parte superior y posterior del muro separados 1.20 ml aproximadamente.
   - Verificando que los tacos sean del mismo espesor que el friso.
   - Clavándolos a 1 cm debajo de la arista superior del muro aproximadamente.



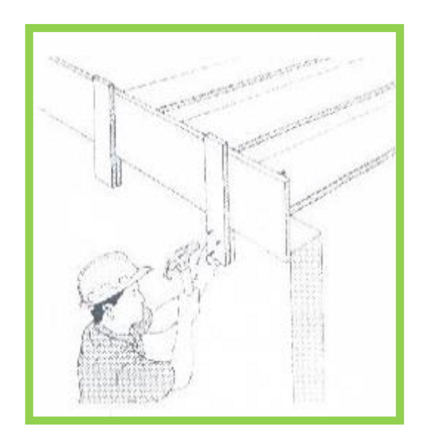
3. Presentamos la tabla o frisa, sobre los tacos.
   - Marcando la ubicación de los tacos en la parte inferior de la tabla.



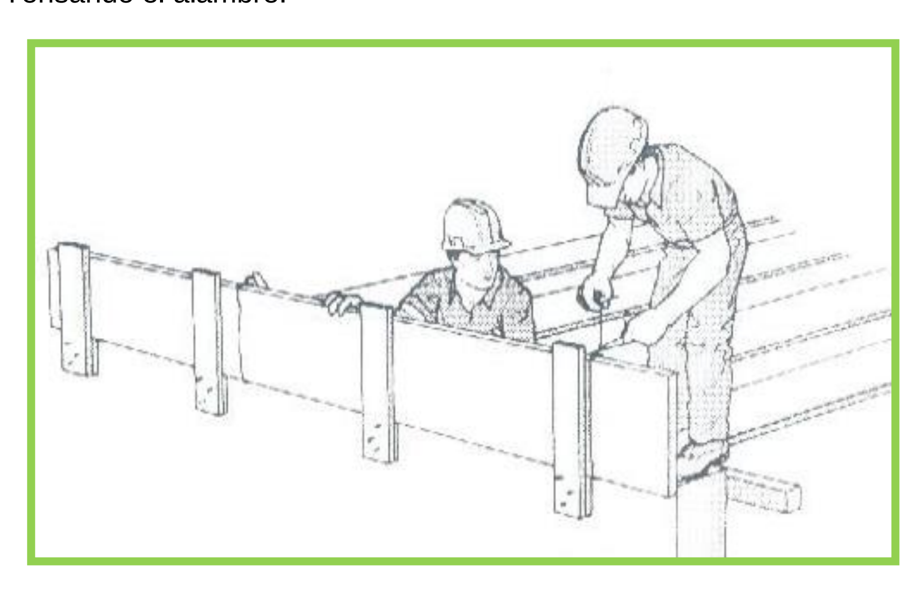
4. Clavamos chapas en el friso
   - Sobre las marcas efectuadas en el punto 3.
   - Fijándolas con clavos, cuidando que sobresalgan del canto una longitud igual a la altura de los tacos fijados en el muro.
   - Dejando fuera la cabeza de los clavos.



5. Fijamos el friso a los tacos.
   - Colocando la tabla sobre los tacos haciendo coincidir con las chapas.
   - Dejando una de las puntas del alambre debajo del canto de la tabla.
   - Clavando chapas a los tacos.



6. Amarramos el alambre.
   - Abrazándolo a la tabla, comprobando su verticalidad.
   - Tensando el alambre.



4. ENCOFRADOS TRADICIONALES

Se trata de una combinación de elementos modernos y antiguos que utiliza madera para los tableros y acero para lo demás, se arma con relativa rapidez como un mecano, comenzando por las cintas de piso, seguidas por los puntales y correas, para concluir con el entablerado continuo. Realmente se trata de un sistema racionalizado porque reúne las condiciones básicas para serlo, pero es poco desarrollado.

1. Componentes:

a) **Puntales:** son elementos de forma telescópica, construidos con tubería circular de acero, graduables en su altura por medio de un pasador que penetra cada 10 cm, y de una tuerca ajustadora. El tamaño más corriente alcanza altura máxima de 3.80 m, pesa unos 20 kg y soporta una carga máxima de unos 2.000 kg. A mayor altura, mayor deberá ser la prudencia en el uso, debido a la esbeltez que van adquiriendo. No deben confundirse los puntales largos para losas con aquellos que se usan para estos son bastante más largos, están dotados de extremos articulados, y trabajan bajo régimen de cargas muy diferente.

El puntal metálico tradicional se encuentra dotado de una platina superior que ensambla con las correas metálicas del sistema y de pines roscados en el cuerpo inferior para fijar tijeras de arriostramiento. Bajo caga excesiva pueden fallar por pandeo, y esta falla suele ser ocasionada por la falta de verticalidad. También pueden fallar cuando a falta del pasador original se les coloca un pasador inadecuado. En todo caso, la condición esencial para su trabajo, es su perfecta verticalidad.

Sobre el uso de los puntales:

En la construcción actual es común el empleo de puntales metálicos telescópicos y tubulares para sostener encofrados horizontales. Se usan también para apuntalamiento de excavaciones. Los puntales de madera cada vez se usan menos, tanto por su baja capacidad de carga como por su corta duración.

Además, la cantidad de puntales de madera para un encofrado es siempre mayor que la de puntales de acero, representando mayor dificultad y tiempo en el armado y desarmado del encofrado.

Los puntales, cualquiera que sea su material, trabajan a pandeo, originado en lo siguiente: el puntal está sometido a fuerzas de compresión y flexión simultáneas, lo que da como resultado un cierto valor de la fuerza compresora denominada carga critica, para la cual puede producirse una gran flecha, aunque la carga transversal sea muy pequeña. El valor de esta carga crítica (Pca) se calcula por la *fórmula de Euler para columnas,* y el caso del puntal se toma como el de una columna que tiene los extremos articulados, así:

$$Pca = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

E= módulo de elasticidad
I= momento de inercia
L= longitud total

Por la experiencia se ha concluido que cuando la fuerza d compresión se acerca al valor de la carga critica, aparece un fenómeno de inestabilidad denominado pandeo lateral, causando una deformación que aumenta rápidamente al crecer la compresión. Una carga igual a la crítica produce la falla total del puntal y por consiguiente del encofrado.

En la ecuación de Euler se observa, que la carga critica decrece con el cuadrado de la longitud, por lo cual debe tenerse especial cuidado cuando los puntales se encuentran trabajando en su mayor longitud.

De acuerdo con lo anterior se observa, además, que el pandeo es el enemigo mayor de los puntales, y todos los factores extremos que lo incrementan, deben eliminarse.

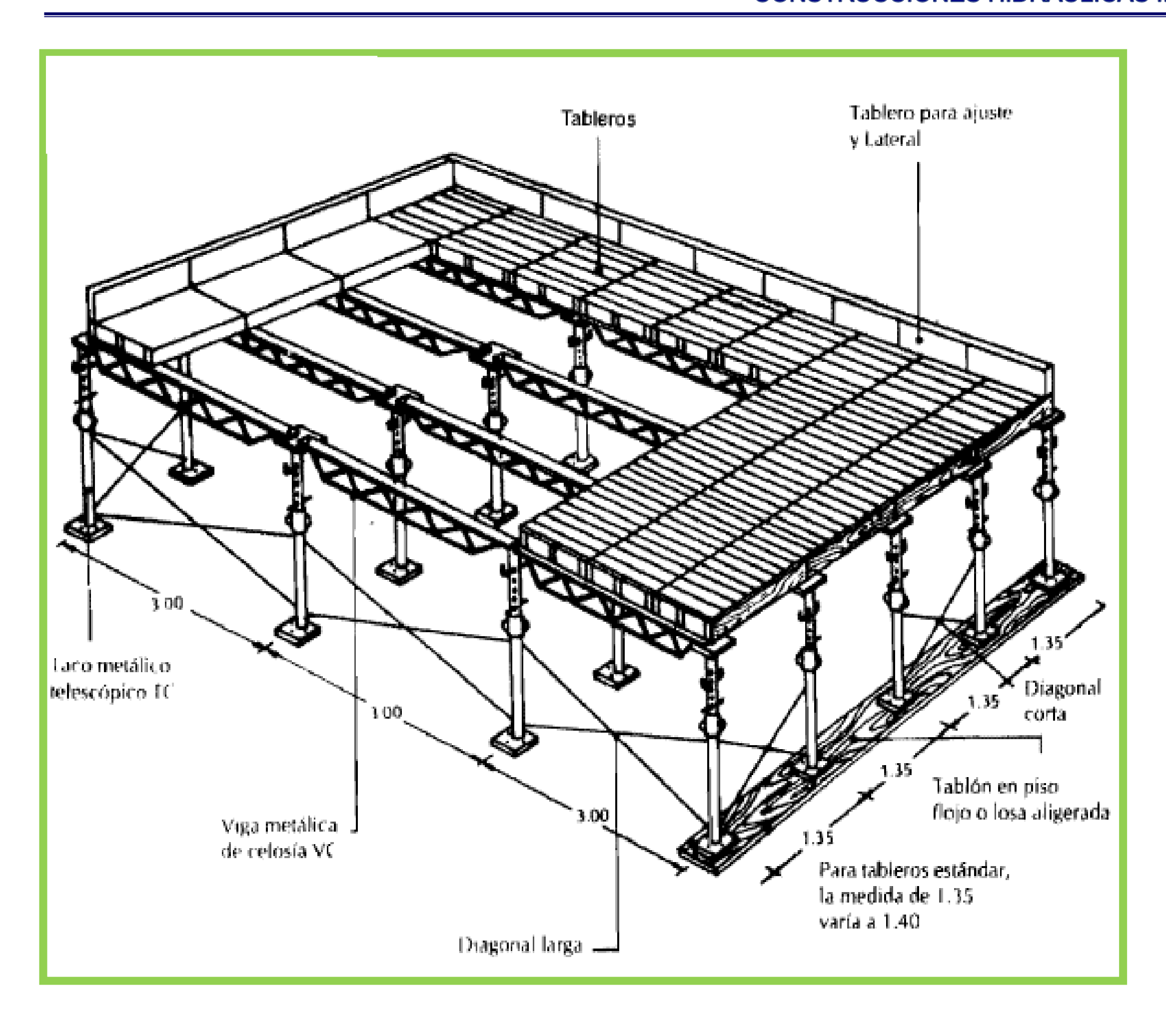
Las siguientes situaciones incrementan el pandeo:

- Las correas apoyadas en el borde de la platina del puntal, por quedar la carga no colineal con el eje del puntal.
- Los puntales torcidos o con ligeros inicios de pandeo.
- Se deben inmovilizar la parte superior y la base del puntal para prevenir desplazamientos.
- Cuando los puntales trabajan con mayor longitud, se deben colocar riostras intermedias o diagonales para reducir la luz libre.
- El vertido del hormigón con mucha rapidez, sobre una zona limitada, puede producir ciertos levantamientos temporales del encofrado próximo. Si los puntales que lo soportan no están rígidamente instalados, modifican sus posiciones relativas, con el posible colapso del encofrado.
- El uso de pasadores de menor diámetro o de baja calidad, puede conducir a la falla del puntal.

b) **Viguetas o correas:** son artefactos construidos como vigas trianguladas, utilizando varillas o ángulos de acero. Tienen un peso aproximado de 11 kg por metro de longitud. Se diseñan para trabajar bajo una carga distribuida de 850 kg/m aproximadamente.

c) **Los tableros:** son piezas que se instalan simplemente apoyadas sobre las correas y configuran la superficie de trabajo. Se fabrican en maderas de densidad intermedia (600 kg/ m^3).

d) **Las crucetas o tijeras** metálicas cumplen la función de arriostrar el conjunto e impedir que se deslice lateralmente o bien, que los puntales pierdan estabilidad. Estas crucetas se fabrican en tubería de acero delgada o en ángulo de acero, y se instalan en los pines roscados con ayuda de una tuerca.



5. ARRIOSTRAMIENTO

Al hablar sobre los componentes de este encofrado se han mencionado las crucetas o tijeras como un complemento indispensable para la estabilidad del conjunto. Para poderlas instalar, los puntales deben tener perfecta verticalidad y el criterio para disponerlas queda a la elección del constructor. No se acostumbra amarrar entre si la totalidad de los puntales, pues tal vez sería excesivo y haría muy difícil la circulación de personas bajo el encofrado; más bien, el criterio consiste en estabilizar zonas a manera de <<mesas>>, siempre prefiriendo que los puntales de borde queden arriostrados y pensando en la fácil circulación de operarios por debajo del conjunto.

BIBLIOGRAFIA

Diseño Estructural de Encofrados. *Guevara, J. UNPRG.*